



Observations complémentaires sur les fonctionnements hydrologiques et hydrosédimentaires de la Vallée Obscure (commune de Peyrolles)

Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot, Joël Jolivet, Françoise Allignol, Jean-Marie Castex, Mirabelle Fiandino, Dominique Ray, Pierre Usselman

► To cite this version:

Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot, Joël Jolivet, Françoise Allignol, Jean-Marie Castex, et al.. Observations complémentaires sur les fonctionnements hydrologiques et hydrosédimentaires de la Vallée Obscure (commune de Peyrolles). 2005. hal-00196203

HAL Id: hal-00196203

<https://hal.science/hal-00196203>

Submitted on 12 Dec 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES
SUR LES FONCTIONNEMENTS HYDROLOGIQUES
ET HYDROSÉDIMENTAIRES DE LA VALLÉE OBSCURE
(COMMUNE DE PEYROLLES)**

Claude MARTIN (Responsable Scientifique)

Jean-François DIDON-LESCOT, Joël JOLIVET

Françoise ALLIGNOL, Jean-Marie CASTEX

Mirabelle FIANDINO, Dominique RAY

et Pierre USSELMANN

Rapport intermédiaire pour le SMAGE des Gardons

Décembre 2005

Nous sommes extrêmement reconnaissants à Norbert GOMEZ et Romuald BARRÉ, ainsi qu'à leur équipe de l'aide précieuse qu'ils nous ont apportée.

Sommaire :

	Pages
1 : Introduction	2
2 : Le dispositif d'observation	3
3 - Les précipitations	12
4 - Les écoulements mensuels	15
5 - Les hydrogrammes de crue	17
6 - Les suivis hydrométriques en étiage	22
7 - Les campagnes de jaugeages en étiage	30
8 - Les traçages au sel derrière les <i>tancats</i>	41
9 - Les mesures de l'eau dans les sols	45
10 - Les phénomènes d'érosion mécanique	54
11 - Conclusion	63

1 : INTRODUCTION

Dans ce rapport intermédiaire, nous nous attacherons surtout aux avancées réalisées en 2005, mais sans négliger de présenter quand nécessaire la synthèse de l'ensemble des résultats obtenus depuis le démarrage des recherches fin 2002.

Au cours de l'année 2005, les activités se sont poursuivies dans tous les domaines initialement définis : suivis limnigraphiques et pluviographiques, campagnes de jaugeages en étiage, traçages dans les sédiments en arrière des *tancats*, étude des transports solides, relevés cartographiques...

Les recherches ont été coordonnées avec les investigations menées parallèlement dans le cadre d'un projet européen INTERREG IIIB : TERRISC (*Récupération des paysages de terrasses et prévention des risques naturels*). Le dispositif d'observation mis en place vient en outre d'être intégré à un Observatoire de Recherche et Expérimental (ORE) du CNRS, l'Observatoire Hydro-météorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais (OHM-CV), preuve de l'intérêt des travaux réalisés sous l'égide du SMAGE des Gardons.

2 : LE TERRAIN D'ÉTUDE ET LE DISPOSITIF D'OBSERVATION

Les observations portent sur la Vallée Obscure (Fig. 2.1) et sur le bassin versant du Rouquet, deux bassins versants forestiers constitués de roches cristallines (granitiques et métamorphiques) et présentant un relief accusé : altitudes de 245 à 815 m pour la Vallée Obscure et de 520 à 865 m pour le bassin du Rouquet.



Fig. 2.1 - Présentation de la Vallée Obscure en 3D (F. ALLIGNOL).
Vue vers le sud. Au premier plan, le Gardon de Saint-Jean.

Si le bassin versant du Rouquet est totalement dépourvu d'aménagements anciens dans sa partie amont, sur laquelle sont effectués nos suivis, la Vallée Obscure en est au contraire très largement dotée : terrasses sur les versants, murs barrant les thalwegs (*tancats*).

Dans la Vallée Obscure, les anciennes terrasses de culture n'occupent que le tiers ou le quart inférieur des versants, les zones basses de confluence, et quelques replats perchés. Elles sont aujourd'hui le plus souvent couvertes de chênes verts associés aux essences du maquis (Fig. 2.2). Les châtaigneraies sont largement représentées. Les versants sous châtaigniers gardent localement les traces d'aménagements anciens assez sommaires. Sur le bassin versant du Rouquet, la part des conifères est sensiblement plus forte.

Les *tancats* sont extrêmement nombreux : 465 avaient été répertoriés en 2002 (N. GOMEZ et L. MAUDRICH, in A. DECONCHY, 2002). Sur les parties de bassin versant étudiées, leur densité est particulièrement forte dans le cas des Abrits (145 *tancats*, soit 225/km²) et de la Bastide (47 *tancats*, soit 169/km²), ainsi que sur l'ensemble de la partie aval de la Vallée Obscure (456 *tancats*, soit 149/km²). Ils sont moins fréquents dans le vallon du Cartaou (37 *tancats*, soit 70/km²) et très peu représentés dans la partie amont de la Vallée

Obscure (6 *tancats*, soit 6/km²). À l'occasion des travaux de réhabilitation menés dans le vallon des Abrits et sur le V2, de très nombreux ouvrages ont encore été découverts (communication orale de N. GOMEZ).

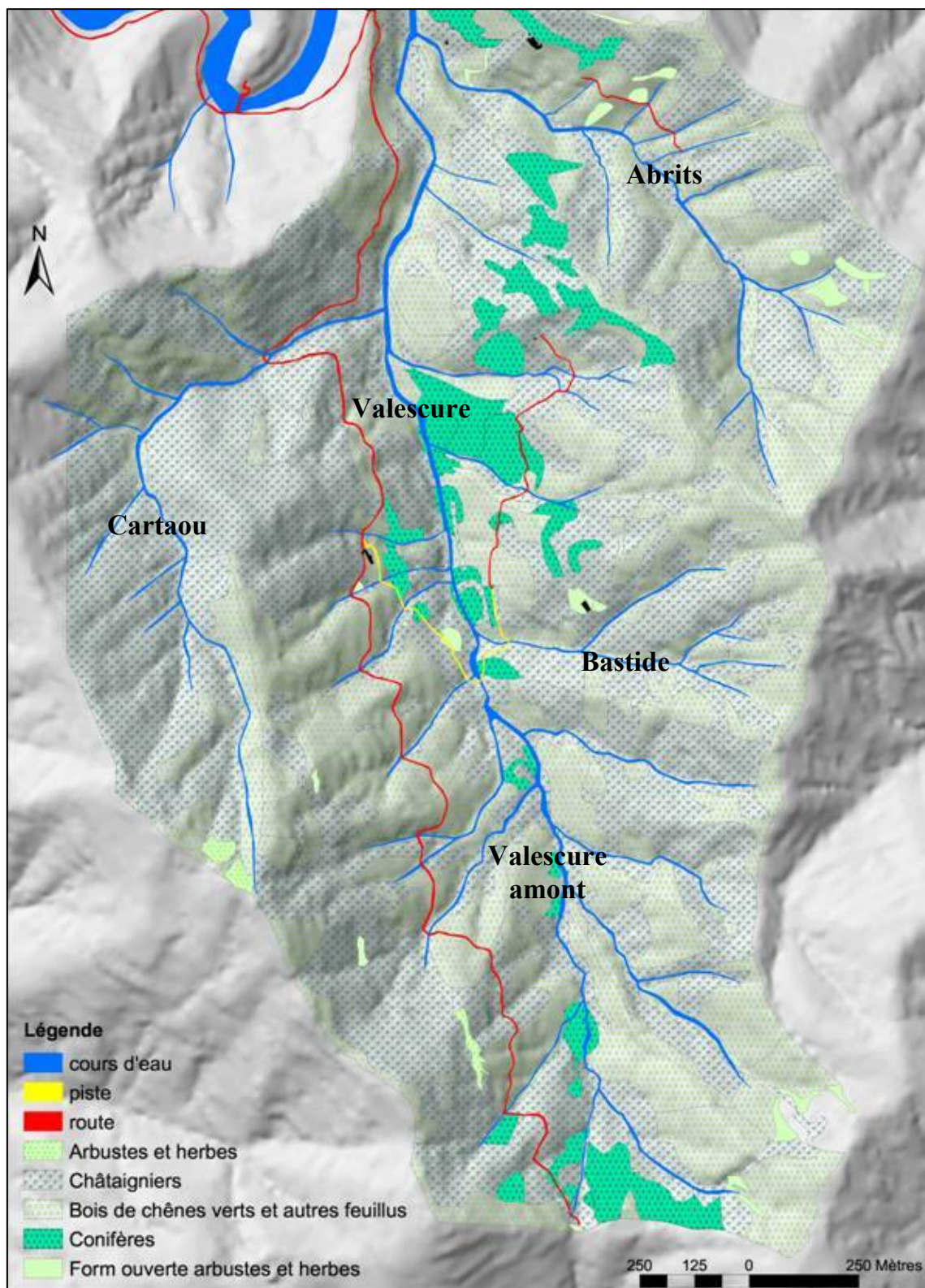


Fig. 2.2 - Vallée Obscure : couvert végétal (relevés : J.M. CASTEX ; réalisation : F. ALLIGNOL).

Les formations superficielles sont parfois très épaisses, notamment sur les bassins versants du Cartaou et du Rouquet. Les sols sont extrêmement filtrants. Des essais au double anneau menés sur 11 sites de la commune de Peyrolles ont donné des vitesses de filtration (vitesses d'infiltration en milieu saturé) comprises entre 50 et 400 mm/h (données communiquées par la Mairie de Peyrolles). En utilisant également la méthode du double anneau, mais en recherchant une valeur proche de la capacité de filtration (vitesse d'infiltration maximale en milieu non saturé), J.F. DESPRATS *et al.* (2003) ont trouvé, sur le bassin versant du Gardon d'Anduze, des valeurs de l'ordre de 1505 mm/h sur granite et de 607 mm/h sur schistes. Quatre essais réalisés par l'UMR "ESPACE" dans la Vallée Obscure, sur des sols en terrasse, ont fourni des valeurs de filtration de 1740, 2040 et 2760 mm/h sur granite en amont du Château de la Vallée Obscure, et de 480 mm/h sur gneiss dans le vallon des Abrits.

Le contexte est donc défavorable à l'apparition du ruissellement superficiel sur les versants. Cela a du reste été confirmé sur une parcelle de ruissellement implantée par la DDE du Gard dans le bassin du Cartaou (Fig. 2.3), où aucun ruissellement superficiel significatif ne s'est produit pour des pluies artificielles d'une intensité allant jusqu'à 300 mm/h (P.A. AYRAL, 2005 ; P.A. AYRAL *et al.*, 2005). Pour que le ruissellement superficiel se déclenche, même sous des précipitations très violentes, il faut des conditions particulières :

- roches à nu ;
- saturation en eau des sols à la suite de précipitations très abondantes, notamment lorsque les formations superficielles sont peu épaisses ;
- diminution de la perméabilité du sol, soit par tassement (sur les pistes), soit par formation d'une croûte de battance (dans les secteurs non protégés par le couvert végétal).

Toutefois la réactivité des fonctionnements hydrologiques est favorisée par les vitesses élevées de circulation des eaux dans les sols et les formations superficielles, et cela d'autant plus que les versants présentent un réseau de drains habituellement secs qui participent à l'évacuation des eaux lors des épisodes pluviométriques les plus marquants.

Le dispositif en place sur la Vallée Obscure est représenté sur la figure 2.3. Il est complété par la station hydrométrique et le pluviographe destinés aux suivis sur le bassin du Rouquet.

La station située près de l'exutoire du ruisseau de Valescure (Valescure aval) est doublée par une station appartenant au Conseil Général du Gard. Les stations hydrométriques de l'UMR "ESPACE" comportent au moins une échelle limnimétrique (métallique normalisée ou mètre ruban) et une centrale d'acquisition des données associée à une sonde de pression. Le matériel est de marque CR2M ou, le plus souvent, ALCYR.

Le réseau de mesure hydrométrique a subi quelques modifications en 2005 :

- Sur le ruisseau des Abrits, la station aval a été abandonnée en novembre 2005, la station amont, dont le seuil bâti en juillet 2004 par les membres du chantier de réhabilitation des *tancats*, ayant donné satisfaction.
- Sur le ruisseau de Cartaou, où nous avons connu bien des problèmes en 2003 et 2004, un seuil construit a été aménagé par la même équipe en août 2005 (Photo 2.1). La station (équipée d'une sonde à ultrasons) qui avait été ajoutée à quelques mètres en amont de la station principale en septembre 2004, a été conservée après un léger réaménagement qui a évidemment produit un détarage. Les jaugeages effectués depuis août 2005 permettent de disposer de courbes de tarage pour l'automne 2005.

- Dans la partie amont du ruisseau de Valescure, une nouvelle station (Valescure amont), à seuil naturel, a été créée en mars 2005 (Photo 2.2).

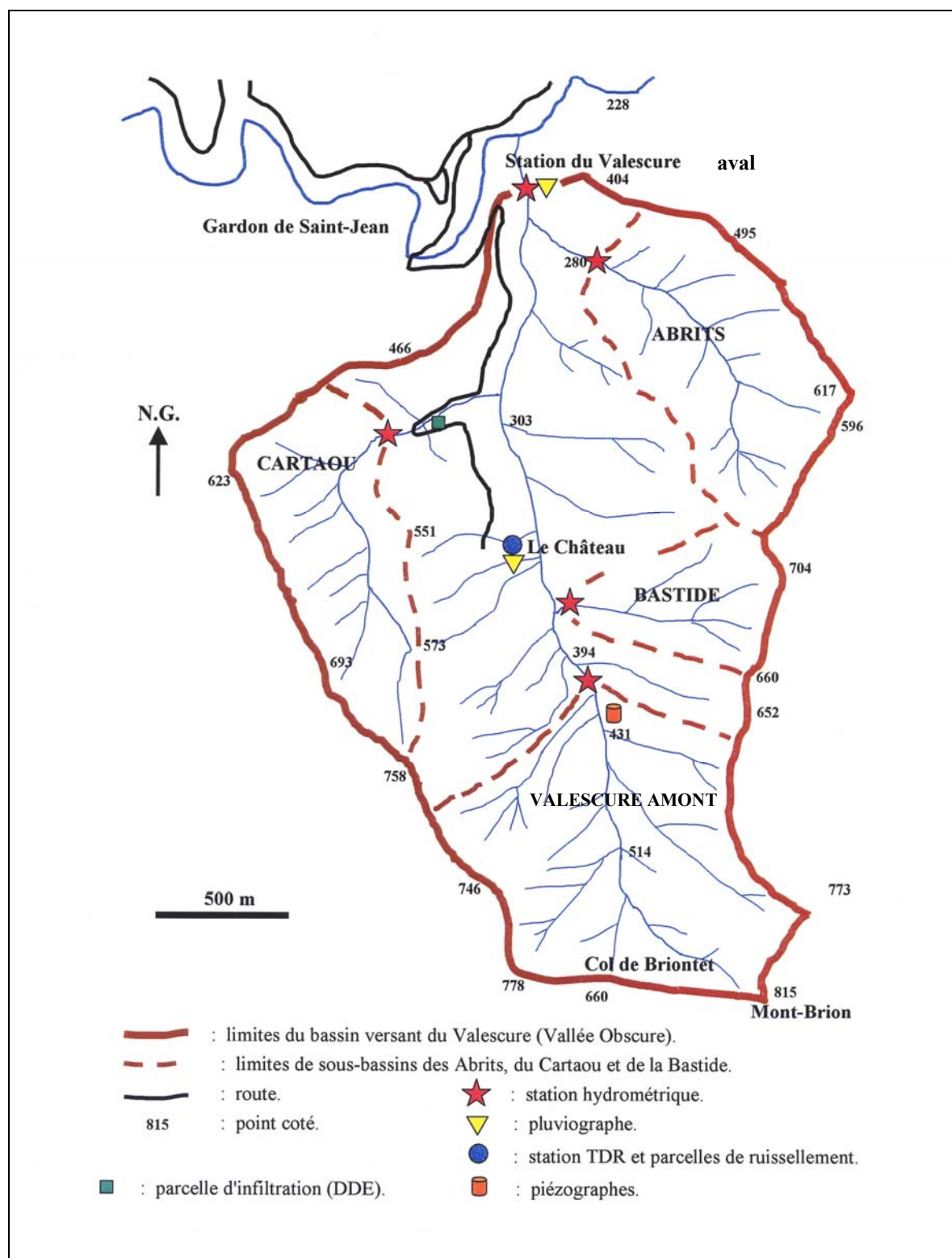


Figure 2.3 - Dispositif de mesure de la Vallée Obscure.

Quatre stations présentent une section naturelle sur seuil rocheux (Valescure aval, Valescure amont, Cartaou US et Rouquet) et les trois autres une section bâtie (Abrits, Cartaou CP et Bastide). Sur le Valescure amont, une seconde station, à seuil naturel, avec sonde à ultrasons, a été gérée pendant l'été 2005 pour le suivi des débits d'étiage.

Les précipitations sont mesurées par des pluviographes à double auget reliés à une centrale d'acquisition. La surface réceptrice est de 400 cm² à tous les postes (Château de la Vallée Obscure, Valescure aval, Perjurade). Les pluies enregistrées sont corrigées à la lumière des contrôles au seau. Le Conseil Général exploite également un pluviographe au niveau de la station du Valescure aval.

Les paramètres physiques et morphométriques des bassins versants sont présentés dans le tableau 2.1.

En 2005, l'équipement de la Vallée Obscure a été complété, près du Château, par des parcelles de ruissellement (Photo 2.3) et par une station de mesure de l'humidité des sols par sondes TDR avec enregistrement en continu (Photo 2.4). Les dispositifs sont implantés sur d'anciennes terrasses de culture, cultivées jusqu'en 2003-2004 par Jacqueline GOMEZ (asperges) et aujourd'hui enherbées.

Tableau 2.1 - Paramètres physiques et morphométriques des bassins versants étudiés.

Station	Valescure aval	Abrits	Cartaou	Bastide	Valescure amont	Rouquet
Date de mise en service	août 2003	février 2003	février 2003	mars 2004	mars 2005	mars 2003
Superficie (km ²) - carte topo *	3,99	0,63	0,53	0,28	-	0,59
Superficie S (km ²) - MNT	3,93	0,62	0,56	0,26	0,93	-
Périmètre stylisé P (km)	11,25	4,25	4,25	2,61	5,25	-
Altitude minimum (m)	244	275	277	374	392	520
Altitude maximale (m)	815	691	758	704	815	938
Dénivelée D (m)	385	274	291	232	289	-
Indice de compacité de GRAVELIUS Kc	1,59	1,53	1,60	1,45	1,52	-
Longueur du rectangle équivalent L (km)	3,13	1,27	1,40	0,74	1,34	-
Indice de forme Sf	2,49	2,65	3,50	2,11	1,92	-
Densité de drainage Dd (km/km ²)	7,50	5,81	7,20	6,18	6,39	-
Dénivelée spécifique Ds	244	169	155	160	209	-
Indice de pente global Ig	0,12	0,22	0,21	0,32	0,22	-
Pente moyenne des versants (%)	56,4	58,1	56,8	51,8	56,5	-
Pente moyenne des versants (degrés)	17,7	17,3	18,1	14,4	17,8	-

* : carte topographique (papier et digitalisée) au 1/25000 "Saint-Hippolyte-du-Fort - Anduze - Saint-Jean-du-Gard" TOP 25 2741ET.

D : dénivelée entre les deux courbes hypsométriques limitant 5 % de la surface totale dans les parties inférieures et supérieures du bassin versant . **Kc** = $0,28 \times P \times S^{0,5}$. **L** = $[(Kc \times \sqrt{S}) / 1,12] \times [\sqrt{1 - (1,12 / Kc)^2}]$. **Sf** = L^2 / S . **Dd** = longueur totale des drains représentés sur la carte (en km) / S (en km²) . **Ds** = $D \times S^{0,5} / L$ avec D en m, S en km² et L en km. **Ig** = D (en m) / L(en m) .

Les indices ont été calculées à partir des valeurs trouvées en exploitant le MNT. Le bassin du Rouquet sera traité prochainement.



Photo 2.1 - Station du Cartaou réaménagée.



Photo 2.2 - Station du Valescure amont (CP).



Photo 2.3 - Parcelles de ruissellement du Château de la Vallée Obscure.

1 : parcelle couverte de végétation. 2 : parcelle binée périodiquement. 3 : secteur en amont duquel sont mesurés les écoulements à la base d'un mur de terrasse. 4 : grande parcelle sur deux terrasses avec mur intermédiaire effondré.



Photo 2.4 - La parcelle binée (premier plan) et la parcelle non travaillée (au fond).

Les caniveaux cimentés servant à réceptionner les eaux à l'aval des parcelles sont protégés de la pluie. On voit le tuyau d'évacuation conduisant les eaux de la parcelle non travaillée dans un bidon de 200 litres.



Photo 2.5 - Sondes TDR.



Photo 2.4 - Mise en place d'une sonde TDR dans une fosse.

3 : LES PRÉCIPITATIONS

Sur le plan méthodologique, rappelons que les informations fournies par les basculements d'auget sont systématiquement corrigées à partir des volumes d'eau récupérés dans le seau de contrôle des pluviographes. En cas de panne de l'enregistreur, les contrôles au seau facilitent en outre l'évaluation des précipitations journalières à partir des mesures aux autres postes.

Du 8 avril 2003 au 31 décembre 2005, les précipitations ont atteint 3798 mm au poste de la Perjurade, 3675 mm à celui de Valescure aval et 3767 mm à celui du Château de la Vallée Obscure. Il se confirme donc que les différences entre les pluviographes ne sont pas importantes sur une longue période. On notera cependant qu'à l'échelle journalière (à 0 à 24 heures, en heures d'hiver), les écarts peuvent atteindre des valeurs non négligeables, en particulier entre le poste de la Perjurade et ceux de la Vallée Obscure (Fig. 3.1 et 3.2). Des différences à peine moins sensibles sont possibles entre les postes de Valescure aval et du Château (Fig. 3.3), en particulier pour des pluies à caractère orageux. (Fig. 3.3). Ce fut notamment le cas le 21 juin 2005 (précipitations de 53 mm au Château et de 26 mm à Valescure aval), le 6 septembre 2005 (précipitations de 179 mm au Château et de 153 mm à Valescure aval) et le 8 septembre 2005 (précipitations de 68 mm au Château et de 44 mm à Valescure aval).

Du 20 février 2003 au 31 octobre 2005, les précipitations maximales au poste de Valescure aval ont atteint 179 mm le 6 septembre 2005, 189 mm pour les pluies en deux jours successifs les 6 et 7 septembre 2005, et 289 mm pour les pluies en trois jours successifs du 1^{er} au 3 décembre 2003.

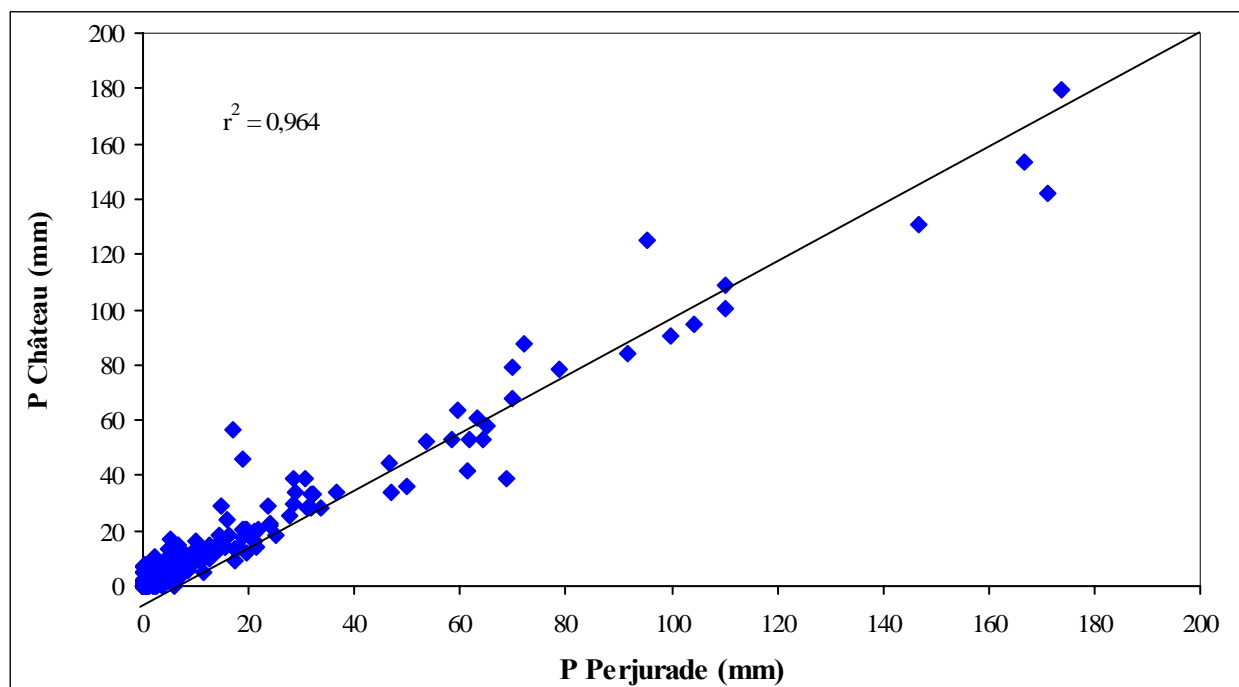


Figure 3.1 - Relation entre les pluies journalières aux postes de la Perjurade et du Château de la Vallée Obscure sur la période du 20 février 2003 au 31 octobre 2005.

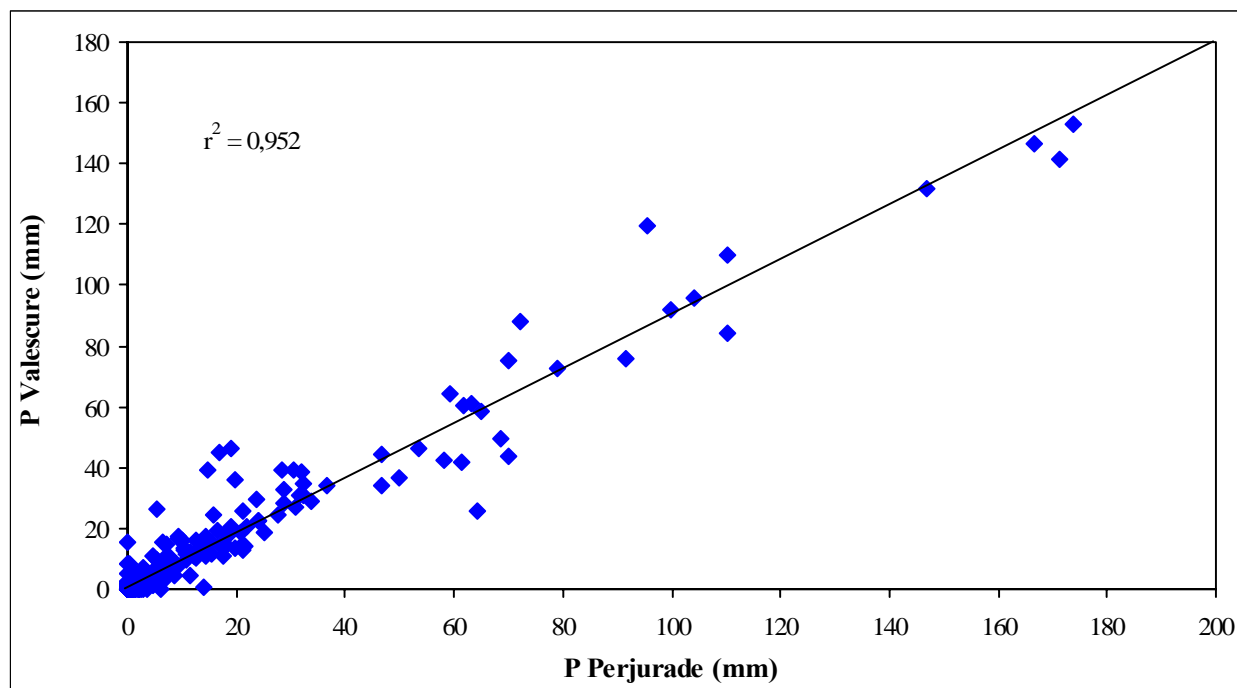


Figure 3.2 - Relation entre les pluies journalières aux postes de la Perjurade et de Valescure aval sur la période du 20 février 2003 au 31 octobre 2005.

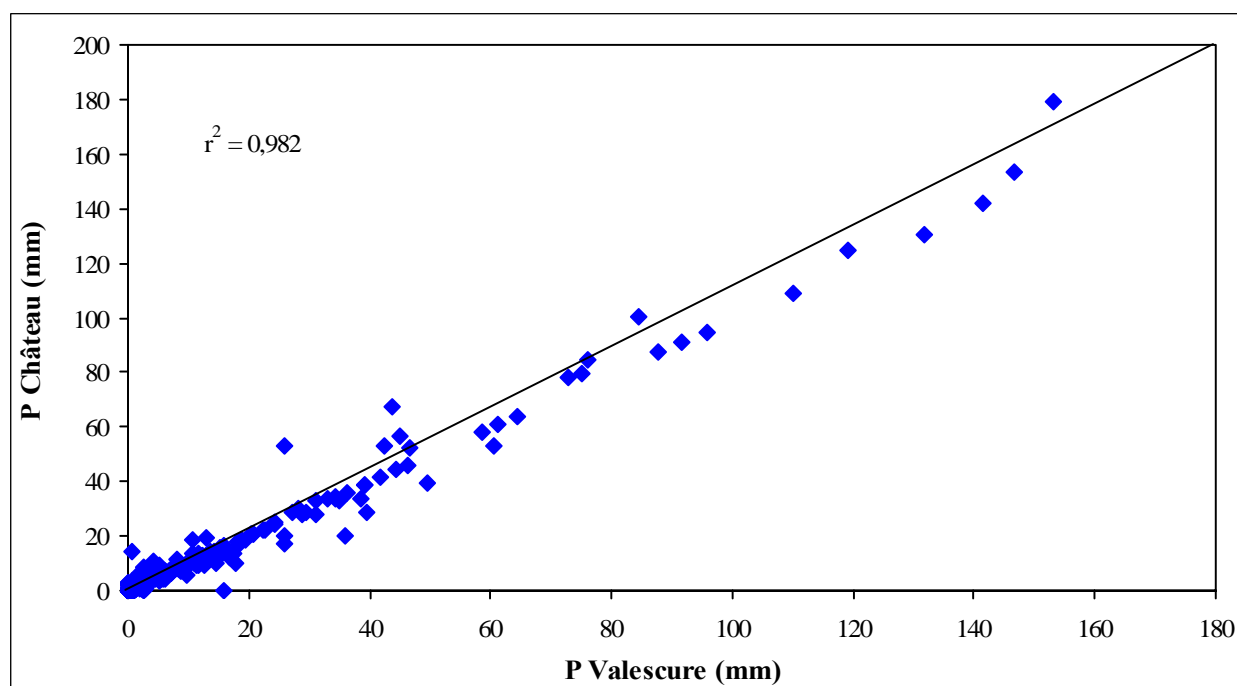


Figure 3.3 - Relation entre les pluies journalières aux postes de Valescure aval et du Château de la Vallée Obscure sur la période du 20 février 2003 au 31 octobre 2005.

Bien que très élevées, les précipitations du 6 septembre 2005 sont restées inférieures aux 218 mm enregistrés le 9 septembre 2002. Lors de cet épisode, qui a provoqué une crue extrêmement violente, le cumul sur deux jours (8 et 9 septembre) a atteint 287 mm.

La figure 3.4 montre la répartition des précipitations au cours de la période d'étude : la répétition de pluies journalières abondantes a été la plus forte de septembre à décembre 2003.

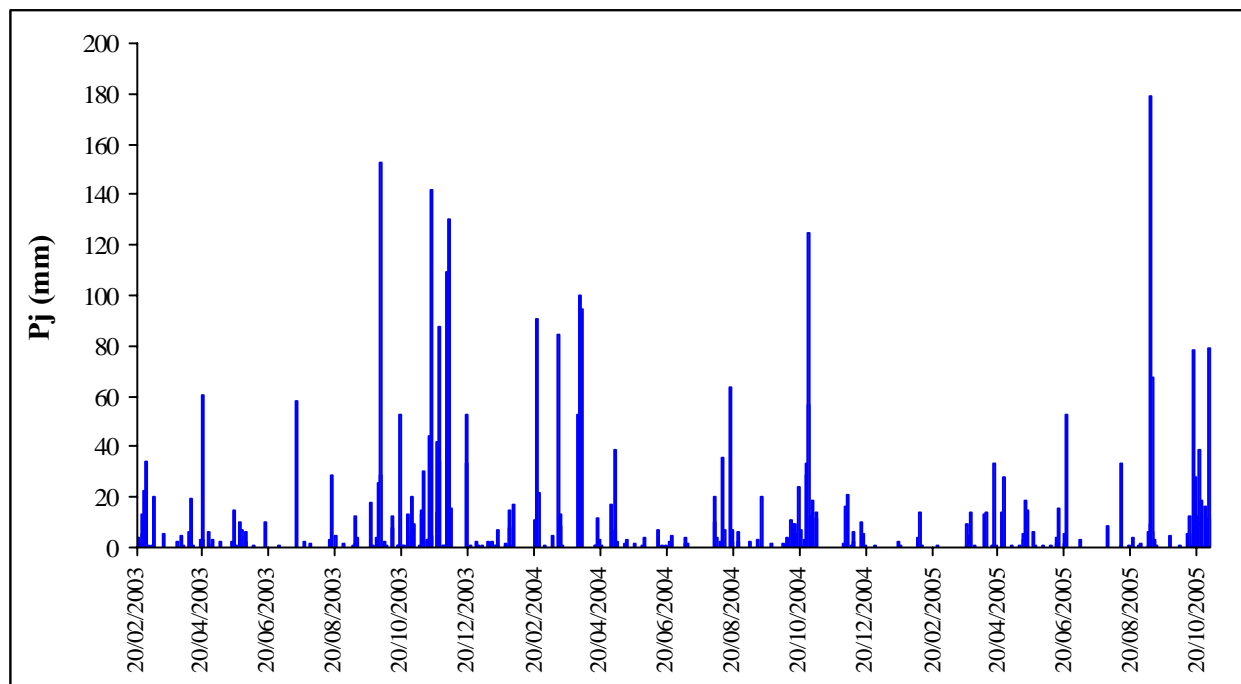


Figure 3.4 - Précipitations journalières au poste du Château de la Vallée Obscure du 20 février 2003 au 31 octobre 2005.

L'étude des précipitations enregistrées à Saint-Christol-lez-Alès de janvier 1950 à septembre 2005 donne une idée de la représentativité de la période 2003-2005.

Sur 55 années civiles, les précipitations mesurées en 2003 (1 144 mm) se placent dans une bonne moyenne, au 15^{ème} rang par ordre décroissant, alors que celles observées en 2004 (832 mm) ne sont qu'au 35^{ème} rang. Sur la période 1950-2004, les précipitations annuelles caractéristiques atteignent 1 044 mm pour la moyenne, 965 mm pour la médiane, 1 885 mm pour le maximum (en 2002) et 556 mm pour le minimum (en 1952).

En considérant les années hydrologiques (de septembre à août), 2003-04 (1 125 mm) se place au 15^{ème} rang par ordre de précipitations décroissantes et 2004-05 (689 mm) au 51^{ème} rang. Sur la période septembre 1950 - août 2005 (55 années), les précipitations annuelles sont comprises entre 1 999 mm (en 1976-77) et 465 mm (en 1952-53), pour une moyenne de 1 037 mm et une médiane de 897 mm.

Avec 372 mm, septembre 2005 fait partie des mois les plus arrosés de janvier 1950 à août 2005, puisqu'il occupe le 7^{ème} rang sur 669. Sur la même période, les précipitations mensuelles les plus abondantes ont été enregistrées en septembre 2002 (689 mm) devant octobre 2001 (406 mm).

4 : LES ÉCOULEMENTS MENSUELS

Les précipitations et les lames d'eau écoulées mensuelles sont présentées dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 - Précipitations, lames d'eau écoulées et déficits d'écoulement (en mm) sur la période d'observation.

	Valescure aval			Abrits			Cartaou			Bastide			Rouquet		
	P	L	P-L	P	L	P-L	P	L	P-L	P	L	P-L	P	L	P-L
2003															
M				34,4	44,4	-9,9									
A				96,4	34,2	62,2	109,0	52,7	56,3				115,7	53,2	62,5
M				48,4	16,8	31,6	45,6	28,0	17,6				52	25,5	26,2
J				23,5	2,2	21,2	11,9	6,7	5,2				12,3	5,1	7,2
Jt				61,9	5,8	56,1	61,3	4,9	56,4				67,5	1,8	65,7
At				39,6	0,5	39,0	38,1	2,3	35,8				27,0	0,4	26,7
S	93,9	1,2	92,7	90,1	1,5	88,6	95,1	3,4	91,8				101,3	0,5	100,8
O	284,3	71,3	213,0	285,0	122,3	162,7	284,0	62,5	221,5				301,9	106,2	195,7
N	470,6	300,1	170,4	468,1	401,3	66,9	471,4	415,4	56,0				520,4	536,5	-16,1
D	395,9	350,1	45,8	408,3	423,4	-15,2	391,8	430,4	-38,6				389,2	500,8	-111,6
2004															
J	59,6	36,6	22,9	63,3	38,2	25,1	58,3	69,5	-11,2				68,0	32,1	35,8
F	125,0	96,2	28,8	125,9	129,5	-3,6	124,7	151,4	-26,7				138,1	132,9	5,2
M	254,9	133,4	121,5	227,0	170,5	56,6	264,3	187,8	76,4				286,6	194,3	92,2
A	132,3	221,0	-88,6	141,6	273,3	-131,7	129,3	297,7	-168,4	129,3	222,3	-94,1	121,4	334,6	-213,2
M	61,7	114,8	-53,2	71,3	117,9	-46,6	58,4	183,0	-124,5	58,4	147,2	-88,7	80,2	182,6	-102,4
J	15,4	11,9	3,6	14,5	12,2	2,3	15,8	20,5	-4,8	15,8	33,8	-18,0	12,0	8,3	3,7
Jt	7,6	2,5	5,2	9,6	1,0	8,6	7,0	5,0	2,0	7,0	12,0	-5,0	9,1	0,8	8,3
At	166,7	9,3	157,4	183,7	8,7	175,0	161,1	17,0	144,1	161,1	14,3	146,8	156,5	3,6	152,9
S	27,1	1,7	25,4	26,6	1,3	25,3	27,3	3,2	24,1	27,3	5,6	21,7	33,0	1,1	31,9
O	350,3	68,0	282,3	335,1	85,7	249,5	355,4	92,7	262,7	355,4	54,1	301,2	251,3	93,0	158,3
N	26,3	54,6	-28,3	25,1	36,6	-11,5	26,7	67,58	-40,9	26,7	38,0	-11,3	28,6	98,9	-70,3
D	63,6	24,7	38,8	65,4	19,5	46,0	62,9	40,6	22,3	62,9	19,4	43,6	55,2	30,4	24,9
2005															
J	2,4	10,1	-7,7	2,1	6,6	-4,5	2,6	12,0	-9,4	2,6	11,3	-8,8	3,0	13,1	-10,2
F	19,0	7,1	11,9	19,4	4,8	14,6	18,9	7,0	11,9	18,9	6,6	12,3	18,5	7,4	11,1
M	29,4	6,7	22,7	29,0	5,0	24,0	29,5	6,6	22,9	29,5	5,6	23,9	25,1	6,4	18,8
A	104,3	21,1	83,3	103,3	27,1	76,2	104,7	47,4	57,3	104,7	12,3	92,5	117,5	24,8	92,7
M	52,6	14,1	38,5	54,7	13,9	40,9	51,9	24,1	27,8	51,9	6,5	45,4	41,4	25,0	16,4
J	75,2	6,2	69,0	55,3	4,4	50,9	81,9	13,6	68,3	81,9	6,7	75,2	92,4	8,4	84,0
Jt	9,7	1,2	8,5	5,5	0,3	5,2	11,0	2,1	9,0	11,0	4,1	6,9	6,6	0,7	5,9
At	40,4	0,8	39,6	40,3	0,7	39,6	40,5	1,3	39,2	40,5	2,4	38,1	40,0	0,4	39,6
S	262,2														
O	334,4														

P : précipitations. L : lame d'eau écoulee. P-L : déficit d'écoulement. P Valescure aval : $(0,75 \times P \text{ Château}) + (0,25 \times P \text{ Valescure aval})$. P Abrits : P Valescure aval. P Cartaou et P Bastide : P Château. P Rouquet : P Perjurade.

Au cours de la période d'étude, les précipitations ont été très abondantes d'octobre à décembre 2003, période au cours de laquelle les cours d'eau ont fortement réagi à partir de

novembre. Par ailleurs, si l'été 2004 a été marqué par la canicule, l'été 2005 a connu une faible pluviométrie de mai à août, qui s'est traduite par des écoulements particulièrement faibles.

Les déficits d'écoulement (P-L) montrent quelques valeurs très fortement négatives, en particulier sur le bassin du Rouquet. En dépit des améliorations apportées en 2005 à la courbe de tarage de la station hydrométrique de ce bassin, le déficit d'écoulement évalué pour avril 2004 reste très faible (-213 mm) et il est toujours suivi d'un déficit d'écoulement négatif en mai (-125 mm), ce qui ne trouve aucune justification en terme de fonctionnement hydrologique. De septembre 2003 à mai 2004, les précipitations (2007 mm) se révèlent même inférieures à la valeur calculée de la lame d'eau écoulée (2021 mm). Ce problème, qui se pose également pour les bassins des Abrits et du Cartaou, semble lié à une surestimation des débits de crue. Si des corrections pour la période 2003-2004 sont envisageables dans le cas du bassin du Rouquet lorsque des débits plus élevés auront été jaugés (cote maximale jaugée : 53,5 cm ; cote maximale enregistrée : 81,4 cm), les détarages subis par les stations rendront toute modification impossible sur la même période pour les ruisseaux du Cartaou et des Abrits.

En considérant l'année 2004 (Tab. 4.2), le déficit d'écoulement est proche de ce que l'on pouvait attendre pour le bassin versant du Valescure aval. En revanche, les valeurs se révèlent faibles pour le bassin des Abrits et très faibles pour ceux du Cartaou et du Rouquet.

Tableau 4.2 - Valeurs annuelles des précipitations, des lames d'eau écoulées et des déficits d'écoulement observées pour les bassins versants du Valescure aval, des Abrits, du Cartaou et du Rouquet en 2004.

	Valescure aval	Abrits	Cartaou	Rouquet
P (mm)	1 291	1 289	1 291	1 240
L (mm)	775	894	1 136	1 113
P-L (mm)	516	395	155	127

P : précipitations. L : lame d'eau écoulée. P-L : déficit d'écoulement.

Les mêmes remarques s'imposent pour l'année hydrologique 2003-04 (de septembre à août) (Fig. 4.3). En revanche, les déficits d'écoulement apparaissent satisfaisants en 2004-05. Cela s'explique bien sûr par la modestie des écoulements de crue au cours de cette année très sèche.

Tableau 4.3 - Valeurs annuelles des précipitations, des lames d'eau écoulées et des déficits d'écoulement observées pour les bassins versants du Valescure aval, des Abrits, du Cartaou et du Rouquet sur la période septembre 2003 - août 2005.

2003-04	Valescure aval	Abrits	Cartaou	Bastide	Rouquet
P (mm)	2 068	2 088	2 061	-	2 185
L (mm)	1 348	1 700	1 844	-	2 033
P-L (mm)	720	389	218	-	151
2004-05	Valescure aval	Abrits	Cartaou	Bastide	Rouquet
P (mm)	800	762	813	813	713
L (mm)	216	206	318	173	303
P-L (mm)	584	556	495	641	403

P : précipitations. L : lame d'eau écoulée. P-L : déficit d'écoulement.

5 : LES HYDROGRAMMES DE CRUE

Nos connaissances sur les crues souffrent encore des incertitudes sur certaines courbes de tarage.

1 - Les débits journaliers spécifiques

Les crues les plus violentes sur la période d'observation se sont concentrées d'octobre à décembre 2003 (Fig. 5.1). Plusieurs épisodes assez importants ont encore été observés au printemps 2004. Mais l'automne 2004 n'a connu qu'une seule véritable crue, celle du 28 octobre. Enfin, après une longue période sans crue notable, l'automne 2005 n'a lui-même connu qu'un seul épisode un peu violent, le 31 octobre.

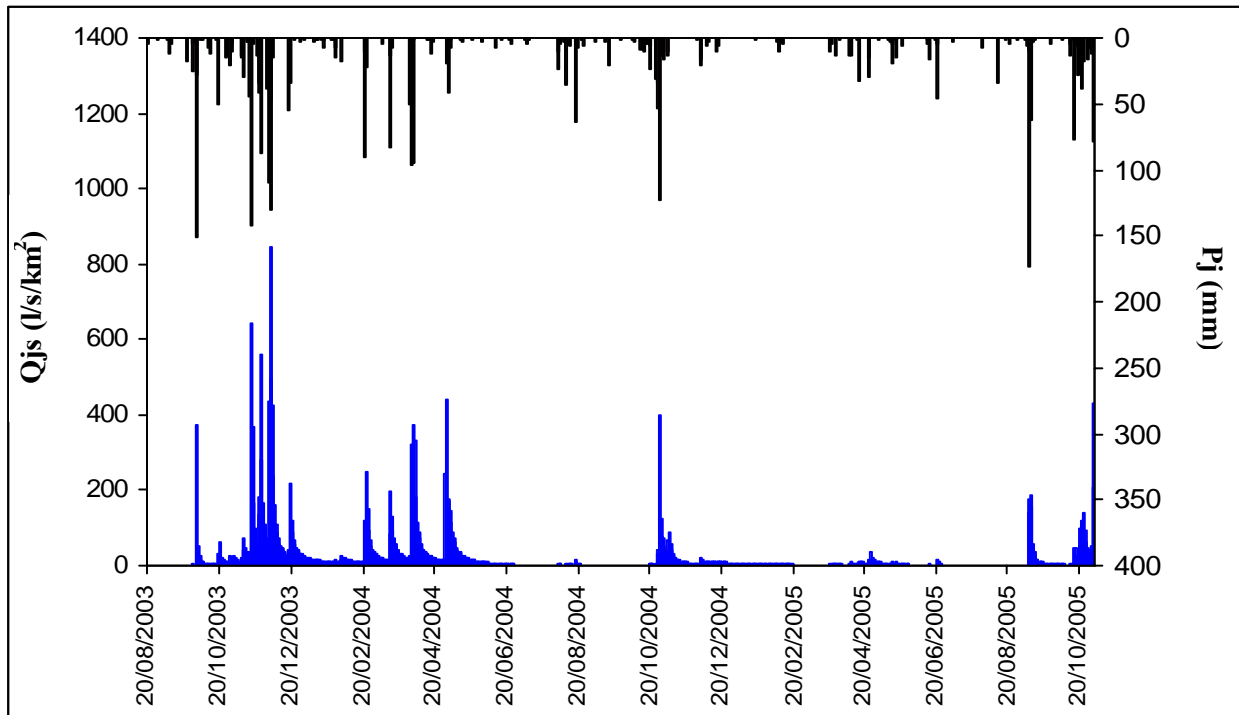


Figure 5.1 - Débits journaliers spécifiques (Qjs) du ruisseau de Valescure aval et précipitations journalières (Pj) sur le bassin versant $[(0,75 \times Pj \text{ Château}) + (0,25 \times Pj \text{ Valescure aval})]$.

En considérant 14 jours (Fig. 5.2) pendant lesquels les ruisseaux ont eu des débits élevés en crue ou en montée de crue (donc hors décrue), la moyenne des débits journaliers spécifiques s'établit à 642 l/s/km^2 pour le ruisseau des Abrits, 543 l/s/km^2 pour celui du Rouquet, 514 l/s/km^2 pour le Cartaou et 414 l/s/km^2 pour le Valescure aval. Le ruisseau des Abrits a présenté la valeur maximale dans dix cas sur quatorze, celui de Rouquet dans trois et celui de Cartaou dans un.

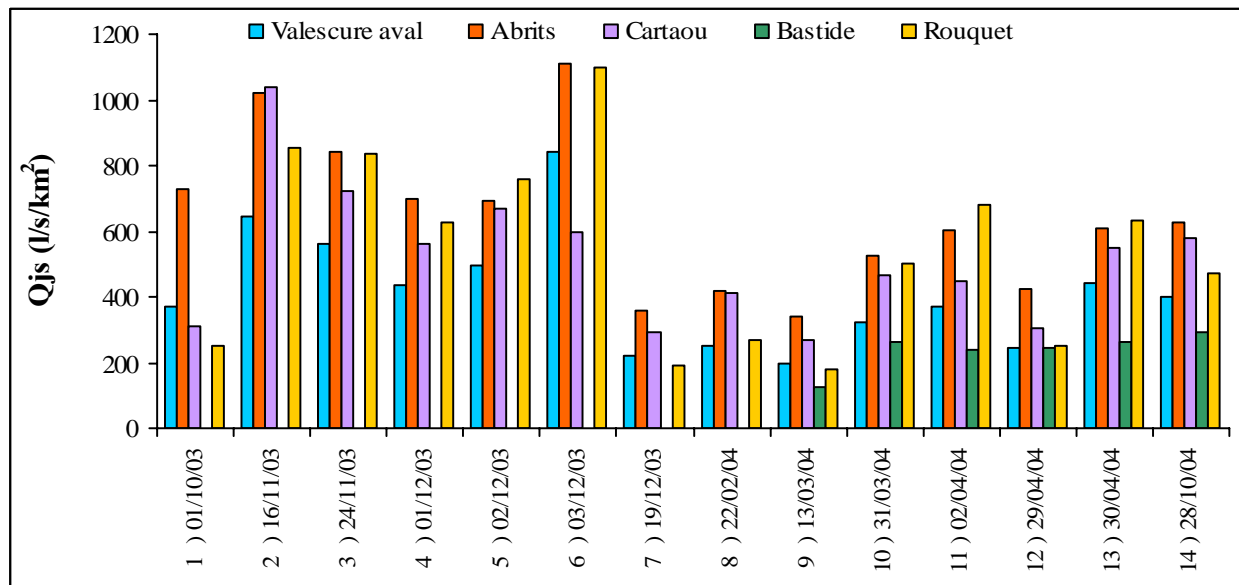


Figure 5.2 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux de Valescure aval, des Abrits, de Cartaou, de la Bastide et de Rouquet pour des épisodes de crue de février 2003 à septembre 2005 (débits élevés hors décrue).

Ces quatorze épisodes de crue ont déjà fait l'objet d'une analyse dans le rapport 2004 (C. MARTIN *et al.*, 2004). La modification apportée depuis aux courbes de tarage, ne change pas les conclusions que l'on peut en tirer :

- Le débit journalier maximal le plus fort revient au ruisseau des Abrits, 1111 l/s/km² le 3 décembre 2003 (précipitations au Château de la Vallée Obscure : 324 mm en quatre jours dont 131 mm le 3 décembre), devant ceux de Rouquet, 1097 l/s/km² le 3 décembre 2003 (précipitations à la Perjurade : 304 mm en quatre jours dont 147 mm le 3 décembre), de Cartaou, 1039 l/s/km² le 16 novembre 2003, et de Valescure aval, 834 l/s/km² le 3 décembre 2003. Le 3 décembre 2003, le débit journalier spécifique du Cartaou s'est élevé à 598 l/s/km², soit moins que le 2 décembre (671 l/s/km² – 693 l/s/km² pour les Abrits), ce qui témoigne des difficultés rencontrées sur cette station.
- Les bassins du Cartaou et du Rouquet, ont des comportements variables d'un épisode à l'autre. Le 1^{er} octobre 2003, les débits journaliers spécifiques des ruisseaux de Cartaou et de Rouquet ont été faibles : 310 et 250 l/s/km², contre 728 l/s/km² pour le ruisseau des Abrits, avec 153 mm de précipitations au Château le 1^{er} octobre, 182 mm en deux jours et 207 mm en cinq jours. Les écoulements ont été plus élevés le 28 octobre 2004 (576 et 475 l/s/km², contre 628 l/s/km² pour le ruisseau des Abrits) pour des précipitations apparemment assez semblables (126 mm au Château le 28 octobre, 182 mm en deux jours et 248 mm en cinq jours).
- Le comportement du ruisseau du Rouquet varie particulièrement en fonction des conditions initiales. Ses réactions sont modérées après une longue période sèche, alors qu'il se montre extrêmement violent au cours des périodes humides. En comptant le ruisseau de la Bastide à part, sur les 14 jours considérés, le ruisseau de Rouquet a écoulé les débits les plus faibles dans trois cas, contre dix pour le Valescure aval et un pour le Cartaou. Un débit journalier spécifique de 300 l/s/km² correspondant à une lame d'eau écoulee de 26 mm seulement, on comprend que de faibles écarts dans les caractères des précipitations puissent avoir des conséquences sensibles sur les débits lorsque les bassins versants ont une forte capacité de stockage et que celle-ci est très incomplètement utilisée au début de l'épisode pluvieux.

- Depuis qu'il est suivi, le ruisseau de la Bastide a manifesté à chaque fois des réponses hydrologiques très amorties par rapport à celles des autres cours d'eau.

2 - Les débits instantanés

Dans ce rapport, nous présenterons trois épisodes relativement modestes survenus en octobre 2004, en juin 2005 et en septembre 2005 :

- La crue du 28 octobre 2004 (Fig. 5.3) : Du 25 au 31 octobre, le pluviographe de la Perjurade a reçu 183 mm de précipitations, celui du Château de la Vallée Obscure 275 mm, et celui de Valescure aval 275 mm. Du 25 au 28 octobre, les précipitations ont été respectivement de 159 mm, 244 mm et 245 mm, les précipitations du 28 octobre atteignant 95 mm, 125 mm et 119 mm. Du fait de la modestie des pluies sur son bassin versant, la pointe de crue du ruisseau du Rouquet (791 l/s/km^2) s'est produite plus tardivement (le 28/10 à 11h55) que celle des autres ruisseaux : elle est synchrone d'un pic de crue secondaire de ces cours d'eau. Le débit spécifique maximal a été enregistré sur le ruisseau des Abrits (1322 l/s/km^2 le 28/10 à 7h25). Près du pic de crue principal, la forme de l'hydrogramme du ruisseau du Cartaou traduit les difficultés du limnigraphe à enregistrer les forts débits. Les réponses hydrologiques des bassins versants du Valescure aval et de la Bastide sont restées relativement modestes.

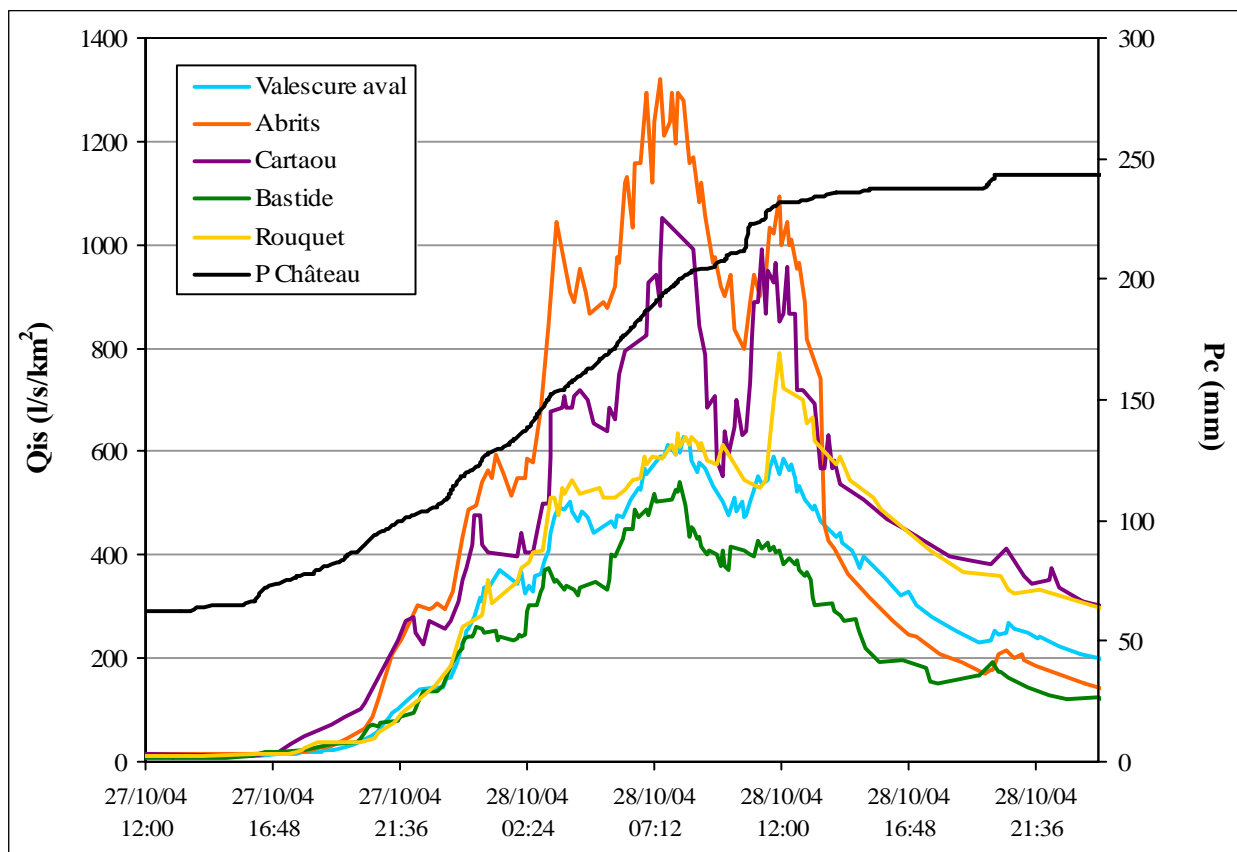


Figure 5.3 - Hydrogrammes pour l'épisode du 28 octobre 2004 (Qis) et précipitations cumulées (Pc) au poste du Château de la Vallée Obscure depuis le 25 octobre à 0h00. (heures en heures d'hiver).

- La crue du 21 juin 2005 (Fig. 5.4) : Cet épisode apparaît comme une curiosité. Il s'est produit en plein cœur d'une période sèche et pour des hauteurs d'eau précipitées modestes (64,4 mm à la Perjurade ; 52,9 mm au Château de la Vallée Obscure ; 25,8 mm au poste de Valescure aval). Toutefois les précipitations ont atteint des intensités très fortes : 55,5 mm sont tombés en une heure et 51,2 mm en une demi-heure à la Perjurade. Dans ces conditions, des écoulements hortonien (ruissellements de surface par refus d'infiltration) se sont produits très localement. Les débits ont été les plus forts dans le cas du Cartaou. En comparaison, le ruisseau de Rouquet, comme celui de la Bastide, ont réagi très faiblement. Sous des précipitations sensiblement inférieures, le bassin versant des Abrits a fourni des écoulements peu abondants et nettement retardés. La quasi-absence de réaction du ruisseau de Valescure amont est assez surprenante. Sur le Cartaou tout particulièrement, la crue a pris un caractère impulsif. Le 21 juin, la lame d'eau équivalente écoulee par le ruisseau a avoisiné 10 mm.

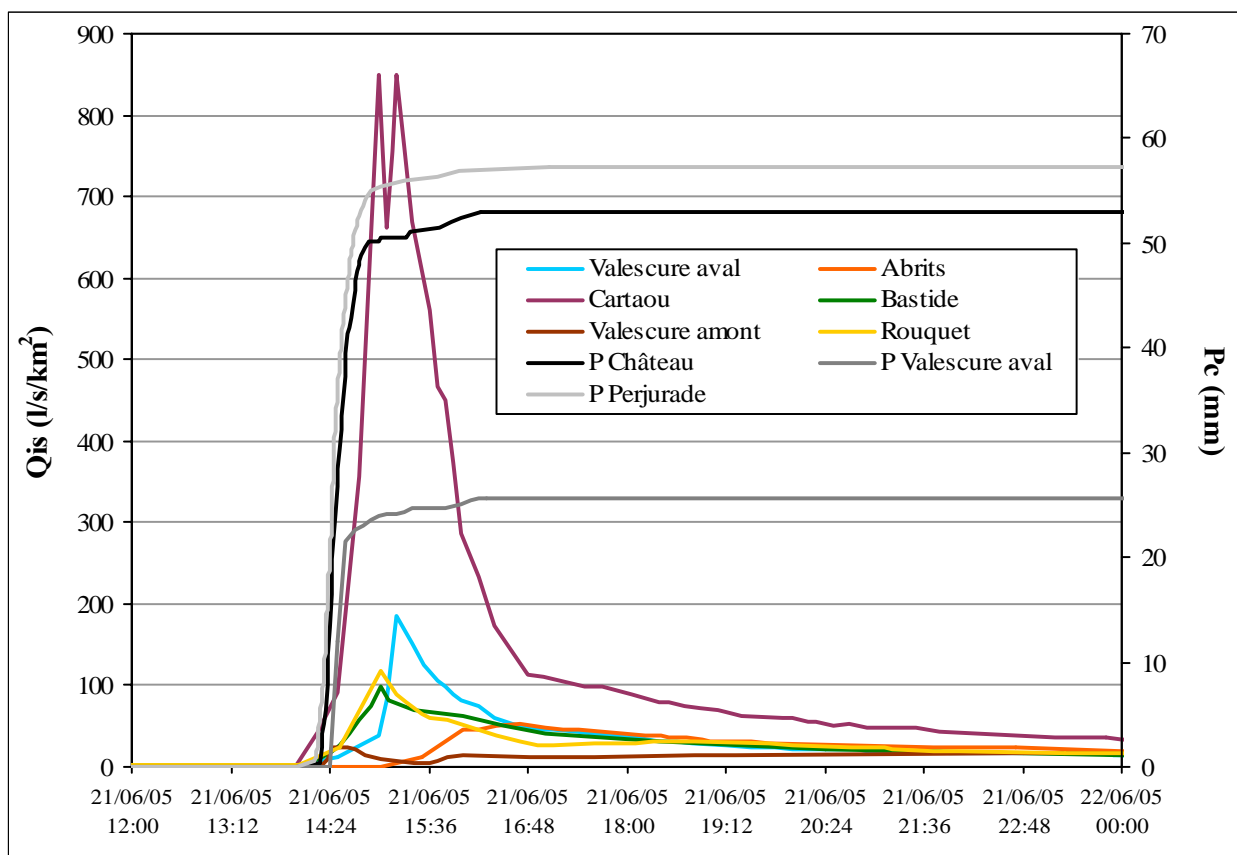


Figure 5.4 - Hydrogrammes pour l'épisode du 21 juin 2005 (Qis) et précipitations cumulées (Pc).
(heures en heures d'hiver).

- L'épisode du 6 au 9 septembre 2005 (Fig. 5.5). Il correspond à des précipitations très abondantes : du 5 au 9 septembre, il est tombé 268 mm au Château de la Vallée Obscure, 211 mm au poste de Valescure aval et 228 mm à la Perjurade (cette dernière valeur est en partie reconstituée). Ces pluies ont généré plusieurs pointes de crue. Les précipitations très abondantes et violentes du début de l'épisode se traduisent par des réponses particulièrement fortes du ruisseau des Abrits. Le ruisseau de Cartaou se révèle lui-aussi réactif, notamment en fin d'épisode, alors que le bassin versant des Abrits reçoit des précipitations plus faibles. Les débits spécifiques en pointe de crue sont bien inférieurs sur les ruisseaux de la Bastide et de

Valescure amont. Le ruisseau de Valescure aval occupe, quant à lui, une position intermédiaire entre les deux groupes ainsi définis. Enfin, pour cet épisode de début d'année hydrologique, on ne s'étonnera pas de la faible réactivité du ruisseau de Rouquet, déjà soulignée en 2004 (C. MARTIN *et al.*, 2004).

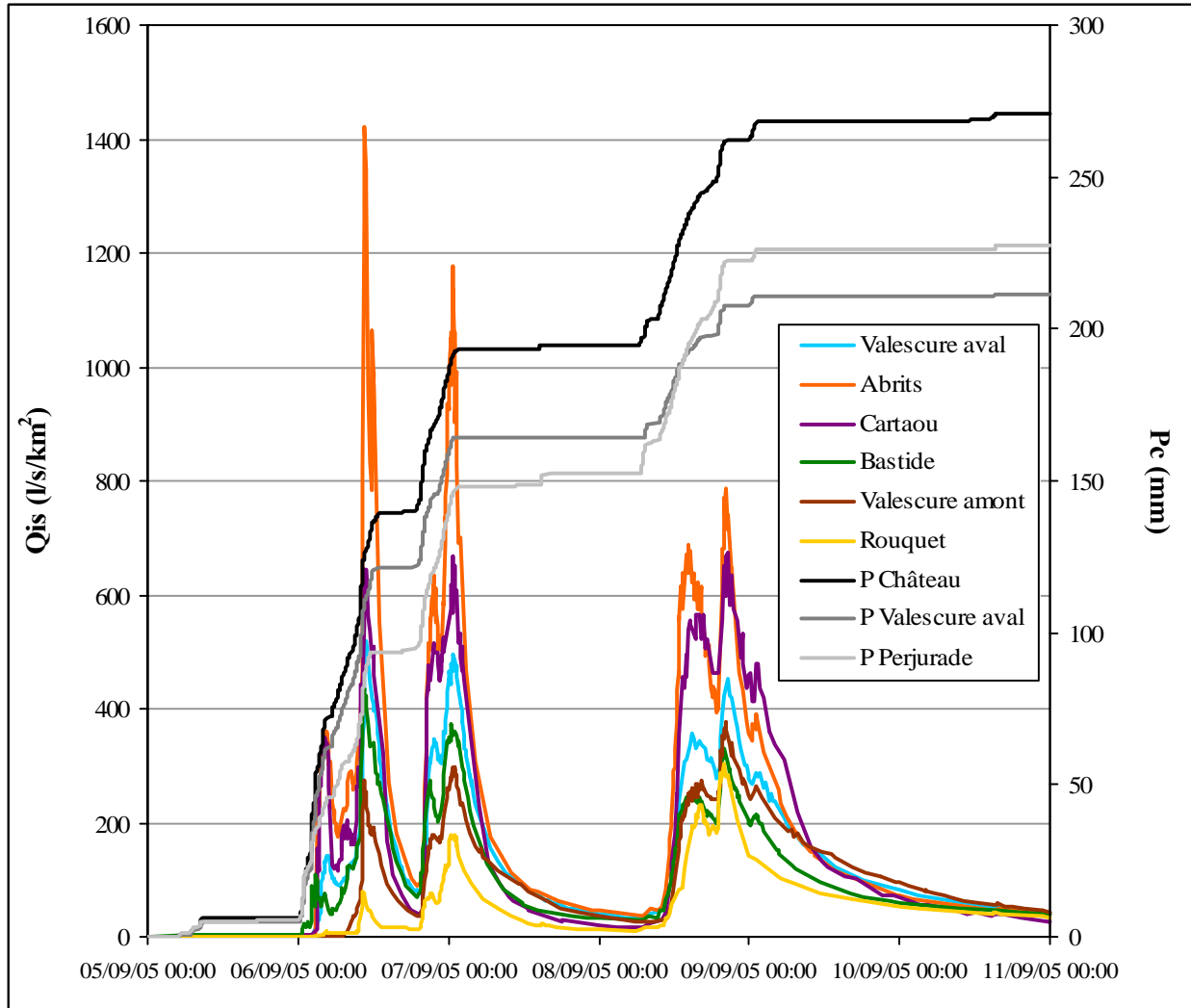


Figure 5.5 - Hydrogrammes pour l'épisode du 6 au 9 septembre 2005 (Q_{is}) et précipitations cumulées (P_c). (heures en heures d'hiver).

6 : LES SUIVIS HYDROMÉTRIQUES EN ÉTIAGE

Les suivis hydrométriques en étiage sont souvent difficiles, en raison de la formation d'embâcles, des feuilles et d'autres débris végétaux venant s'accumuler au niveau du seuil (c'est particulièrement le cas aux stations des ruisseaux de la Bastide et de Cartaou), lorsque ce n'est pas le développement de mousses qui vient modifier le niveau de l'eau (station du Valescure aval). Il faut donc considérer les résultats avec précaution, et ne s'attacher qu'aux ordres de grandeur et aux fluctuations relatives dans le temps.

Nous présenterons ici l'étiage 2005, du 1^{er} juillet au 4 septembre. Cet étiage a été extrêmement sévère. Cela se comprend aisément au regard de la modestie des précipitations tombées de septembre à août (813 mm au poste du Château de la Vallée Obscure) et tout particulièrement à partir de janvier (310 mm au poste de Valescure aval, 344 mm au Château de la Vallée Obscure et 344 mm à la Perjurade). En 2004, le cumul sur les mois de janvier à août avait atteint 819 mm au Château de la Vallée Obscure.

Après l'épisode orageux du 21 juin 2005, les précipitations ont été peu abondantes jusqu'au 4 septembre : 46,2 mm à Valescure aval, 52,5 mm au Château de la Vallée Obscure et 49,4 mm à la Perjurade. Ces précipitations sont dues essentiellement à l'épisode orageux du 11 août (28,2 à 33,6 mm), qui représente à lui seul de 58 à 71 % du total pluviométrique. Lors des années précédentes, sur la même période, 101,5 mm étaient tombés en 2003 et 201,5 mm en 2004 au Château de la Vallée Obscure.

1 - Le ruisseau de Valescure aval

Mis à part l'épisode du 11 août et les fluctuations journalières en relation avec les phénomènes d'évapotranspiration, l'hydrogramme (Fig. 6.1), laisse entrevoir l'influence des précipitations estivales sur les débits.

La courbe des débits journaliers apparaît évidemment plus lisse (Fig. 6.2). Les débits moyens journaliers sont tombés à 0,32 l/s le 1^{er} août, avant l'épisode pluvieux du 11 août, puis à 0,24 l/s le 27 août. La plupart des précipitations, même très faibles, se traduisent, dans les 24 heures, par une légère augmentation des écoulements. Seule la pluie du 29 juillet, qui atteint pourtant 6,8 mm, fait exception. Mais toutes les fluctuations de l'écoulement ne trouvent pas d'explication : ainsi en est-il de la faible décroissance des débits du 8 au 16 juillet, des valeurs relativement élevées trouvées pour les 3 et 4 août, et de l'accroissement des écoulements du 30 août au 2 septembre. On peut bien sûr invoquer les effets retardés des précipitations antérieures. Nous avons du reste déjà avancé cette hypothèse dans le rapport 2004 (C. MARTIN *et al.*, 2004). Mais nous sommes très réservés dans le cas des observations faites en 2005.

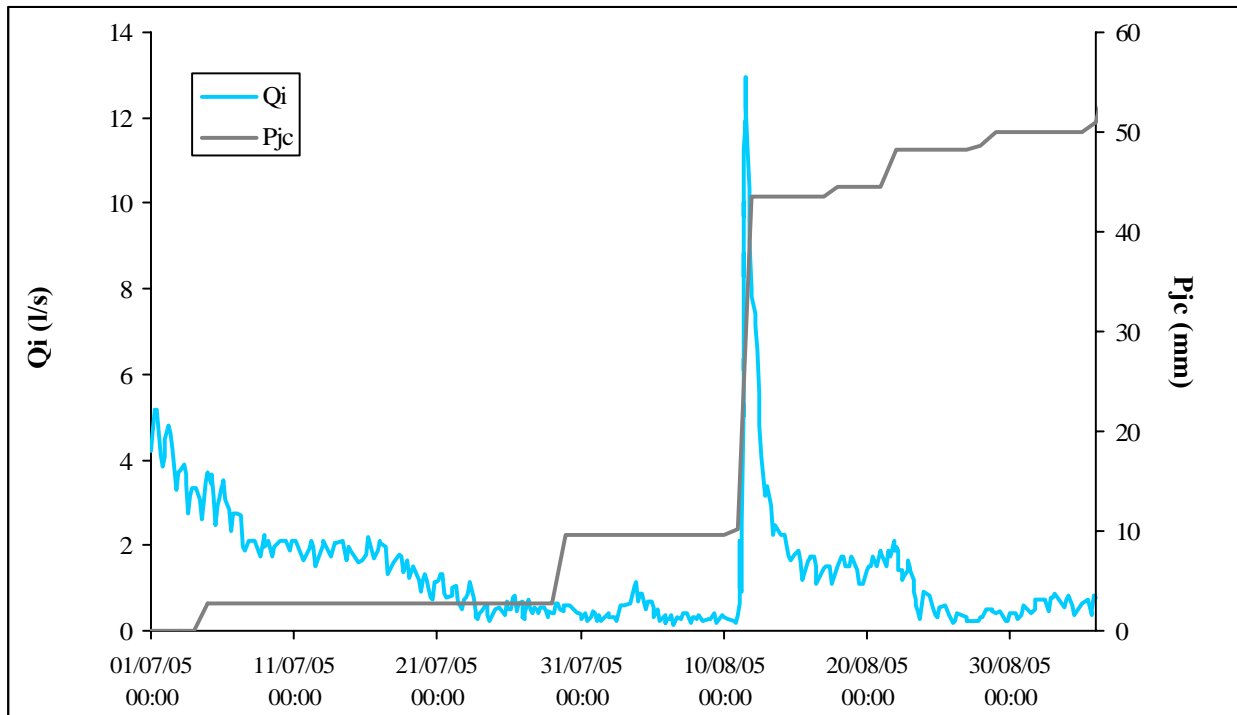


Figure 6.1 - Débits instantanés (Q_i) à la station du Valescure aval du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005 et précipitations journalières cumulées sur le bassin versant (P_{jc}).
 $(P_{jc} = 0,75 P_{\text{Château}} + 0,25 P_{\text{Valescure aval}})$; (heures en heures d'hiver).

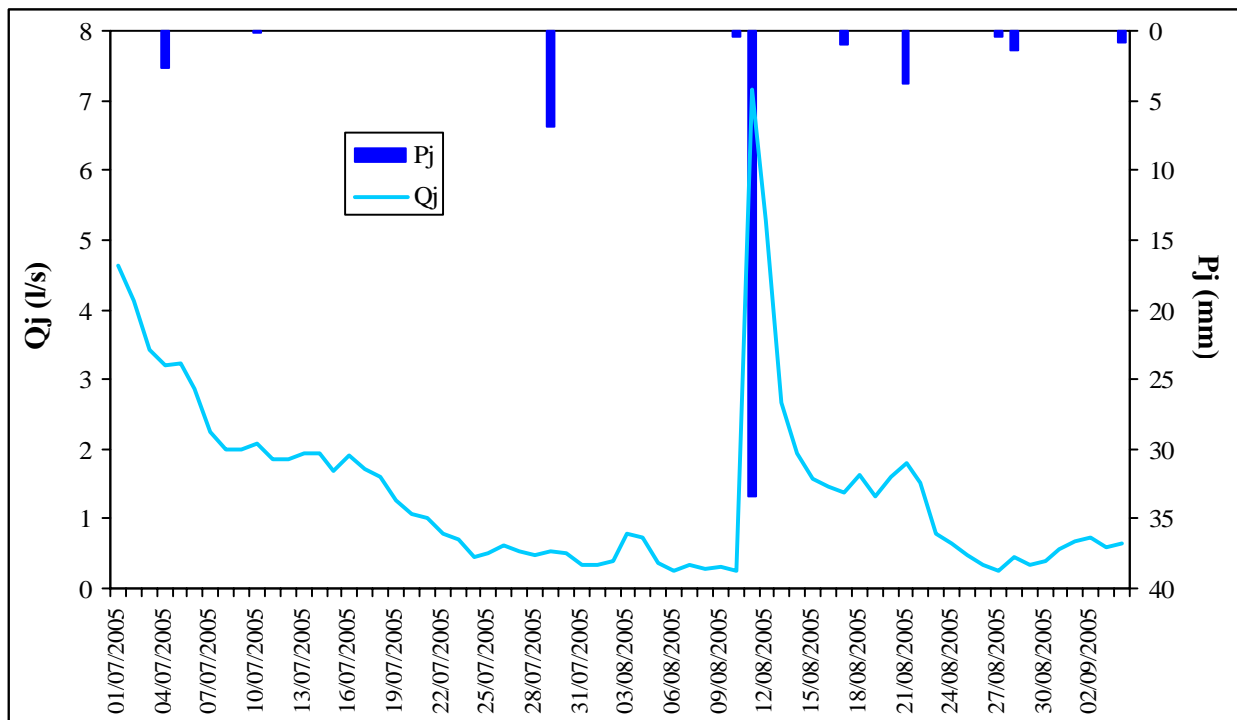


Figure 6.2 - Débits moyens journaliers (Q_j) du ruisseau de Valescure aval et précipitations journalières (P_j) sur la Vallée Obscure du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005.

2 - Le ruisseau des Abrits

Le seuil bâti en 2004 et la modestie des transports de flottants se combinent pour faire de la station des Abrits une station maintenant efficace pour le suivi des étiages. Les données concernant l'étiage 2005 sont présentées sur les figures 6.3 à 6.5.

Les débits sont devenus très faibles à la fin de juillet et au début d'août : débits moyens journaliers de 0,018 l/s le 28 juillet, 0,018 l/s le 4 août, 0,015 l/s le 5 août et 0,016 l/s le 8 août. À ce degré de sévérité dans l'étiage, les précipitations du 29 juillet (2,5 mm) se sont peut-être traduites par un léger accroissement du débit (0,039 l/s le 31 juillet), mais l'augmentation observée n'est pas supérieure à d'autres irrégularités de l'hydrogramme (19 juillet, 24 juillet, 9 août) qui ne sont pas liées à des précipitations.

Après la pluie du 11 août, les débits ne sont pas redescendus aussi bas (minimum de 0,05 l/s le 4 septembre). Sur cette partie de l'hydrogramme les effets des précipitations sur les écoulements se révèlent plus sensibles. On note toutefois une augmentation des débits le 20 août, alors que les précipitations ne se sont produites que le 21. Un petit embâcle, vraisemblablement éliminé le 21 août, est sans doute responsable de cette observation.

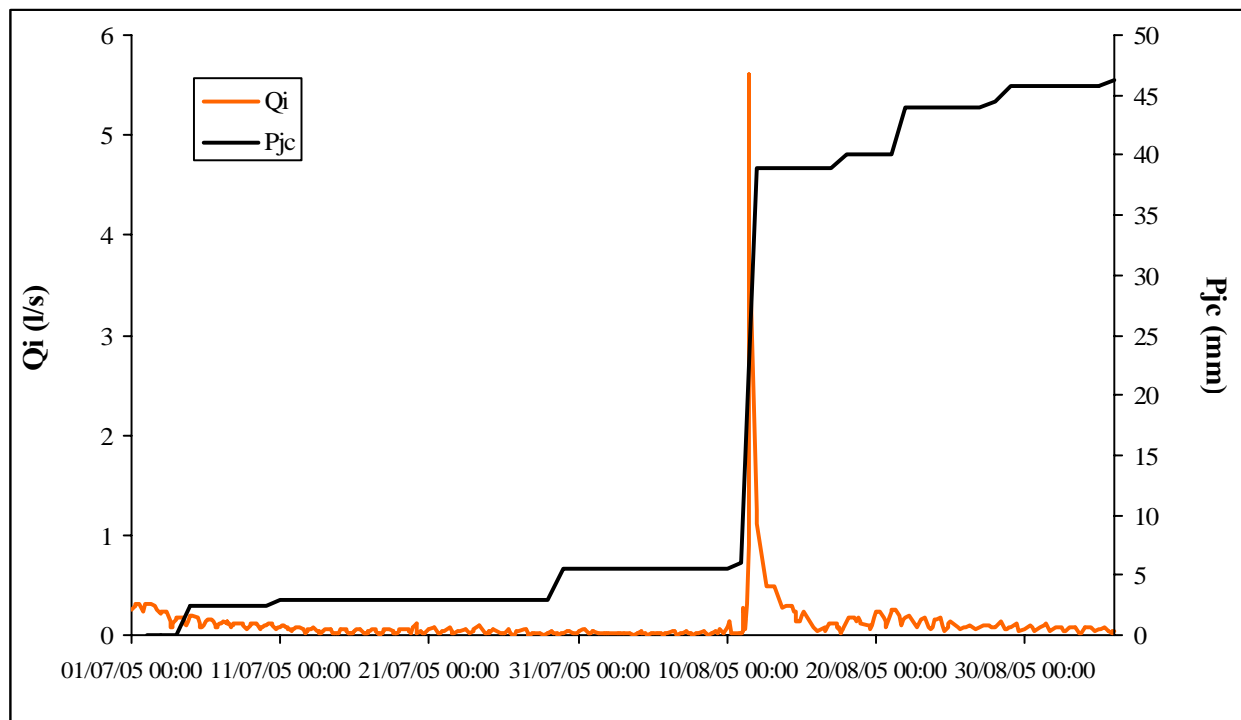


Figure 6.3 - Débits instantanés (Q_i) à la station des Abrits du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005 et précipitations journalières cumulées au poste de Valescure aval (P_{jc}).
(heures en heures d'hiver).

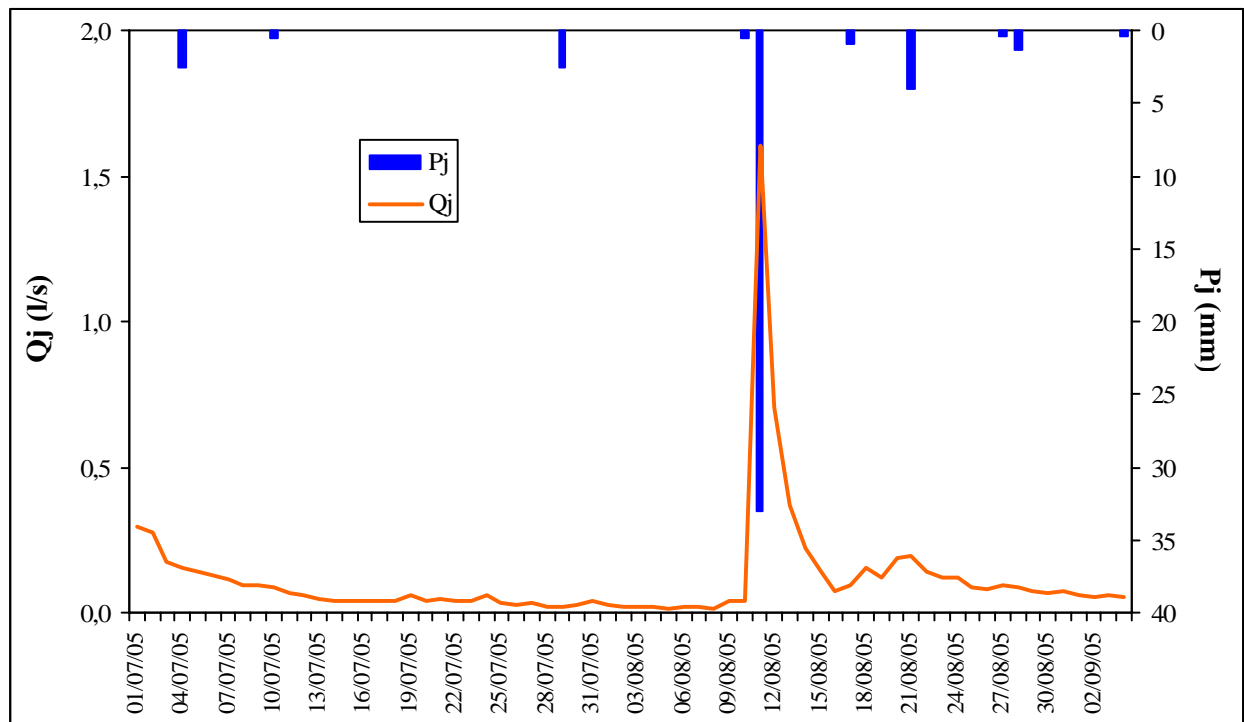


Figure 6.4 - Débits moyens journaliers (Q_j) du ruisseau des Abrits et précipitations journalières (P_j) au poste de Valescure aval du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005.

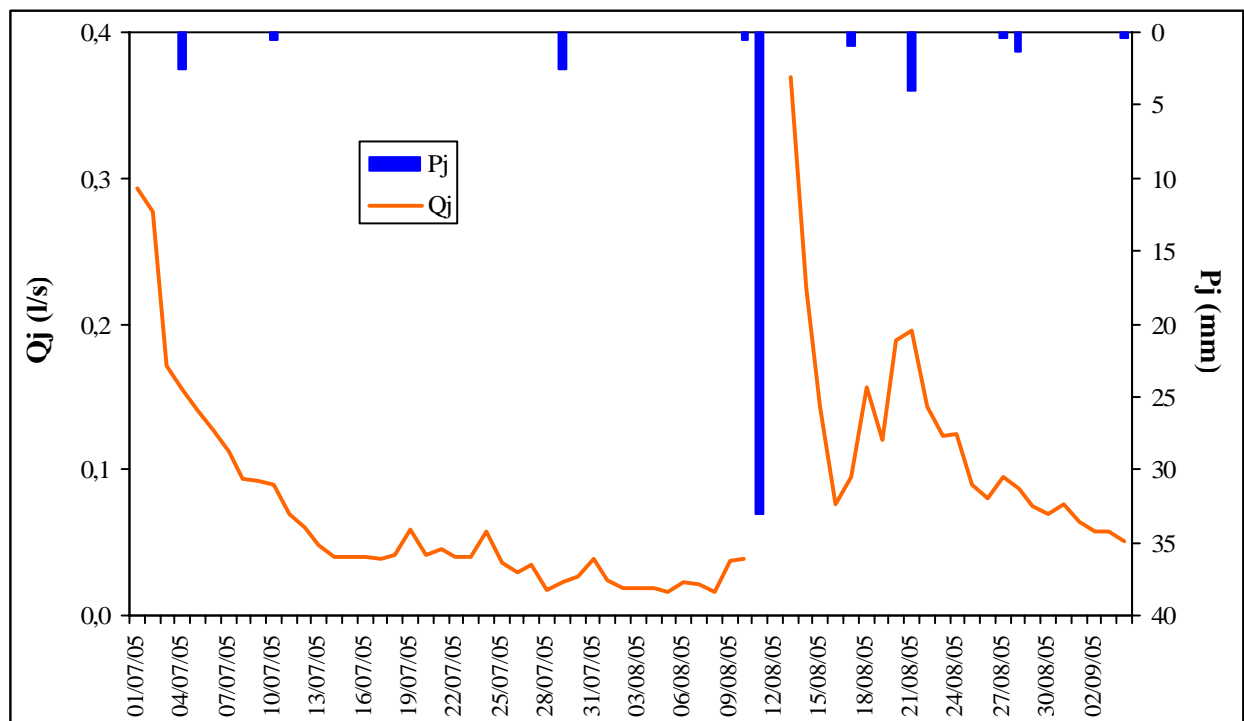


Figure 6.5 - Débits moyens journaliers (Q_j) du ruisseau des Abrits, en occultant l'épisode du 11 août 2005, et précipitations journalières (P_j) au poste de Valescure aval du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005.

3 - Le ruisseau de la Bastide

La courbe des débits moyens journaliers (Fig. 6.6) apparaît bien trop anarchique pour que les variations enregistrées correspondent à un fonctionnement naturel (voir chapitre 7). Seule la réponse aux précipitations du 11 août est significative.

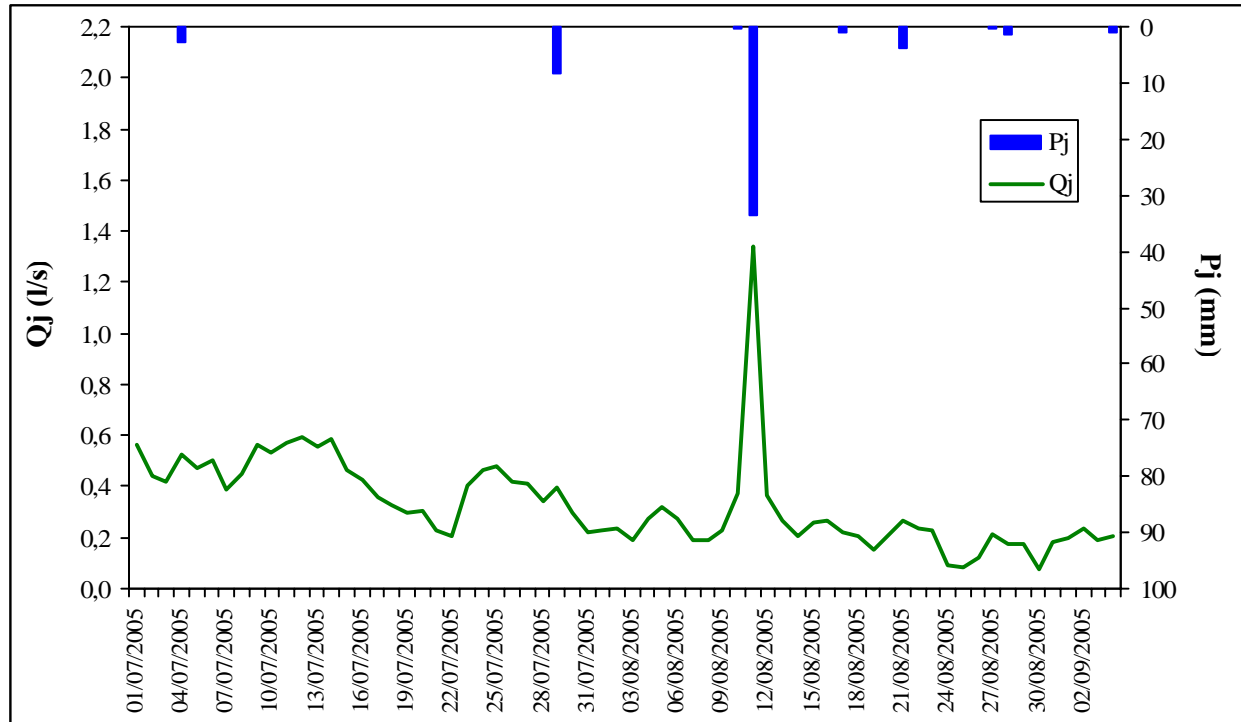


Figure 6.6 - Débits moyens journaliers (Q_j) du ruisseau de la Bastide et précipitations journalières (P_j) au poste du Château de la Vallée Obscure du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005.

4 - Le Valescure amont

Hormis la réponse à la pluie du 11 août (33,6 mm) et celle, plus hypothétique, à la pluie du 4 juillet (2,8 mm), la courbe des débits moyens journaliers (Fig. 6.7) ne met pas en évidence d'augmentation des écoulements après les précipitations, pas même après celle du 29 juillet (8,3 mm).

L'évolution des écoulements après la pluie du 11 août est intéressante (Fig. 6.8). Après une augmentation des débits modeste mais rapide (maximum de 1,93 l/s à 3h00), le débit est revenu à sa valeur initiale (0,07 l/s) à 5h00. Les écoulements ont ensuite légèrement augmenté (maximum de l'ordre de 0,35 l/s vers 22h00) avant de décroître lentement.

Lors de cet épisode, on a assisté à une réponse rapide liée à des écoulements venant de secteurs rocheux très proches de la station. Le petit gonflement qui a suivi la "décrue" rapide s'explique par des écoulements retardés et étalés dans le temps, peut-être – et même vraisemblablement – contrôlés par le grand *tancat* situé un peu en amont de la station.

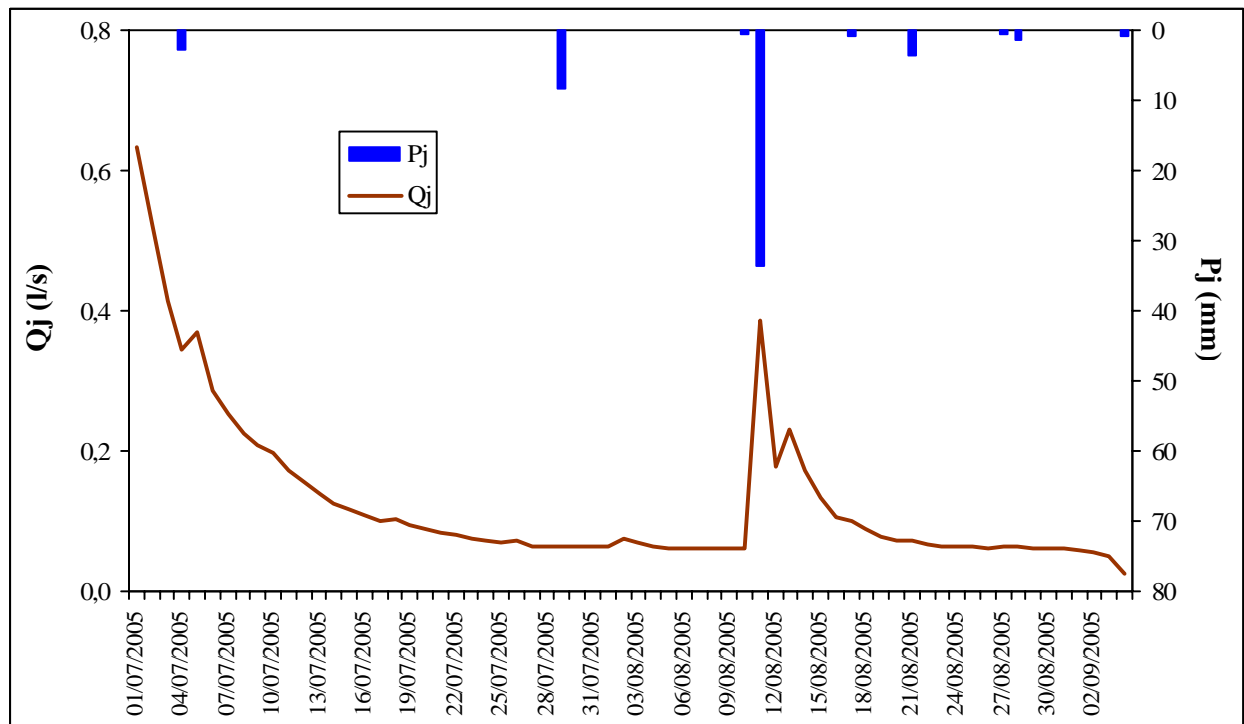


Figure 6.7 - Débits moyens journaliers (Q_j) du Valescure amont et précipitations journalières (P_j) au poste du Château de la Vallée Obscure du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005.

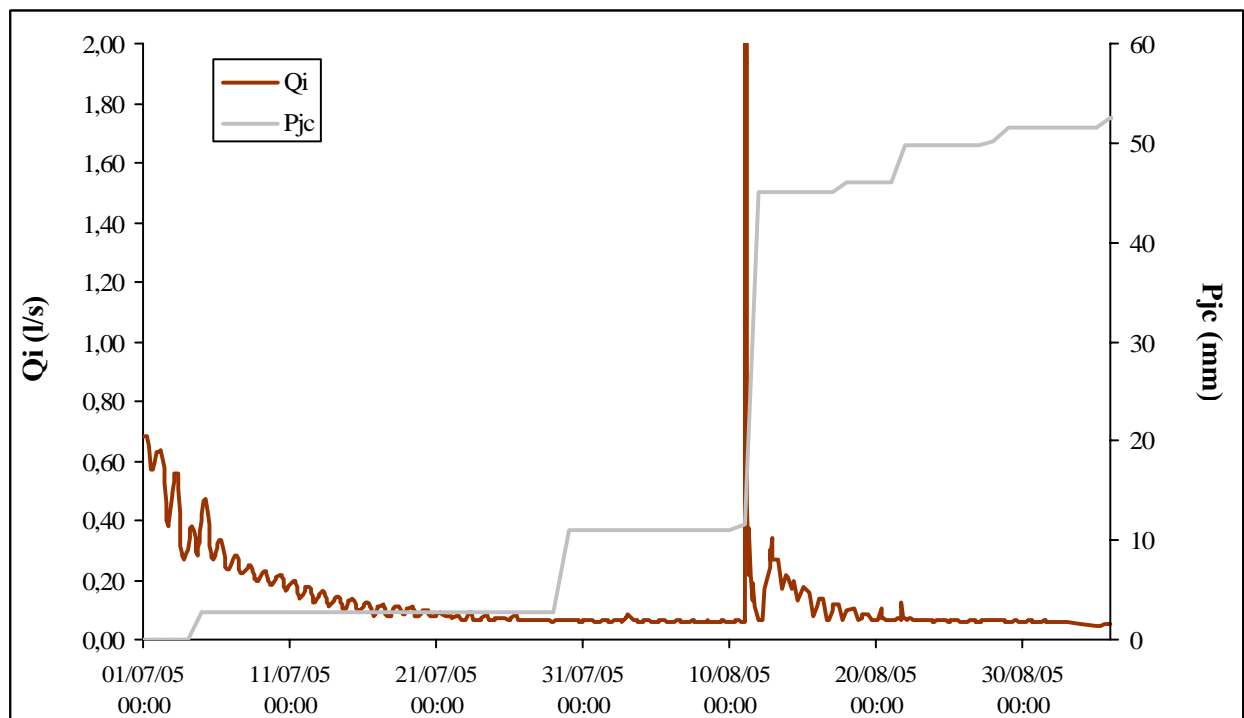


Figure 6.8 - Débits instantanés (Q_i) à la station de Valescure amont du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005 et précipitations journalières cumulées au poste Château de la Vallée Obscure (P_{jc}). (heures en heures d'hiver).

5 - Le ruisseau de Rouquet

Sur le bassin versant du Rouquet, l'étiage a été très sévère et les réponses aux précipitations insignifiantes (Fig. 6.9, 6.10). Le débit moyen journalier est tombé en dessous de 0,1 l/s dès le 13 juillet. La valeur minimale (0,030 l/s) est atteinte le 19 juillet. La légère remontée des débits calculés que l'on observe ensuite jusqu'au 11 août, semble assez largement indépendante des précipitations. La pluie du 11 août a du reste entraîné une diminution des écoulements les 12 et 13 août, sans doute à la suite du nettoyage du seuil qu'elle a provoqué.

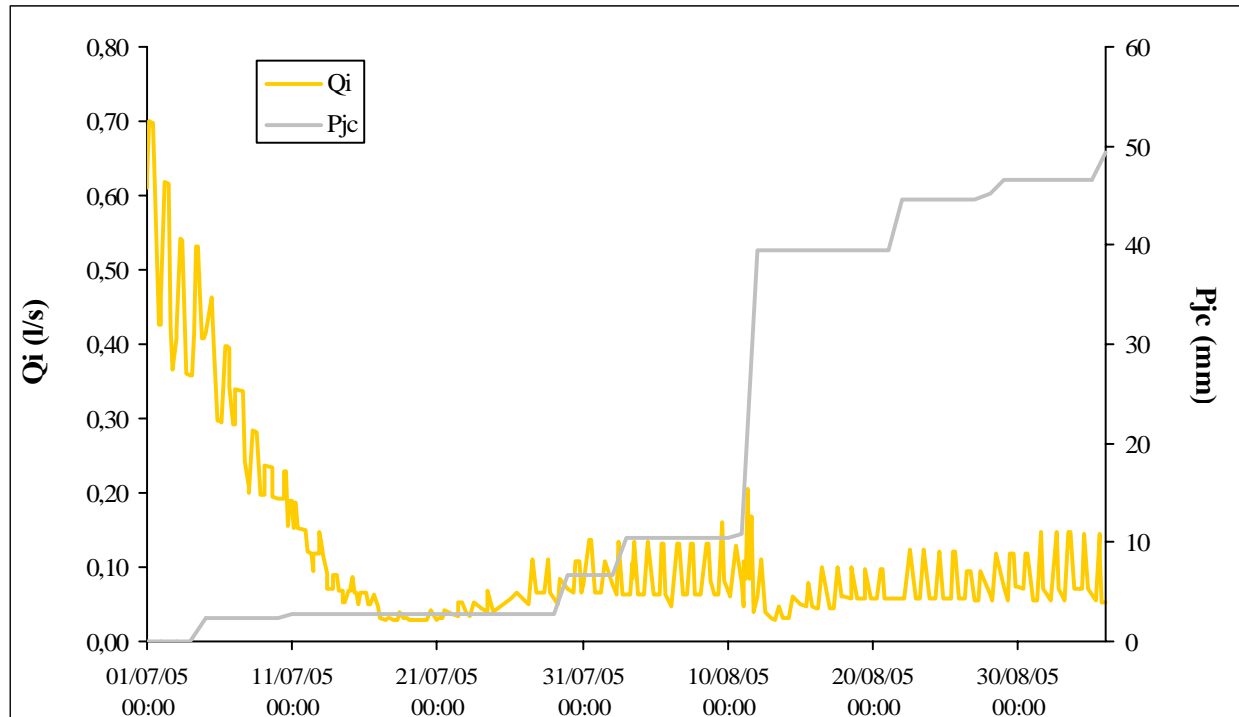


Figure 6.9 - Débits instantanés (Q_i) à la station du Rouquet du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005 et précipitations journalières cumulées au poste de la Perjurade (P_{jc}).
(heures en heures d'hiver).

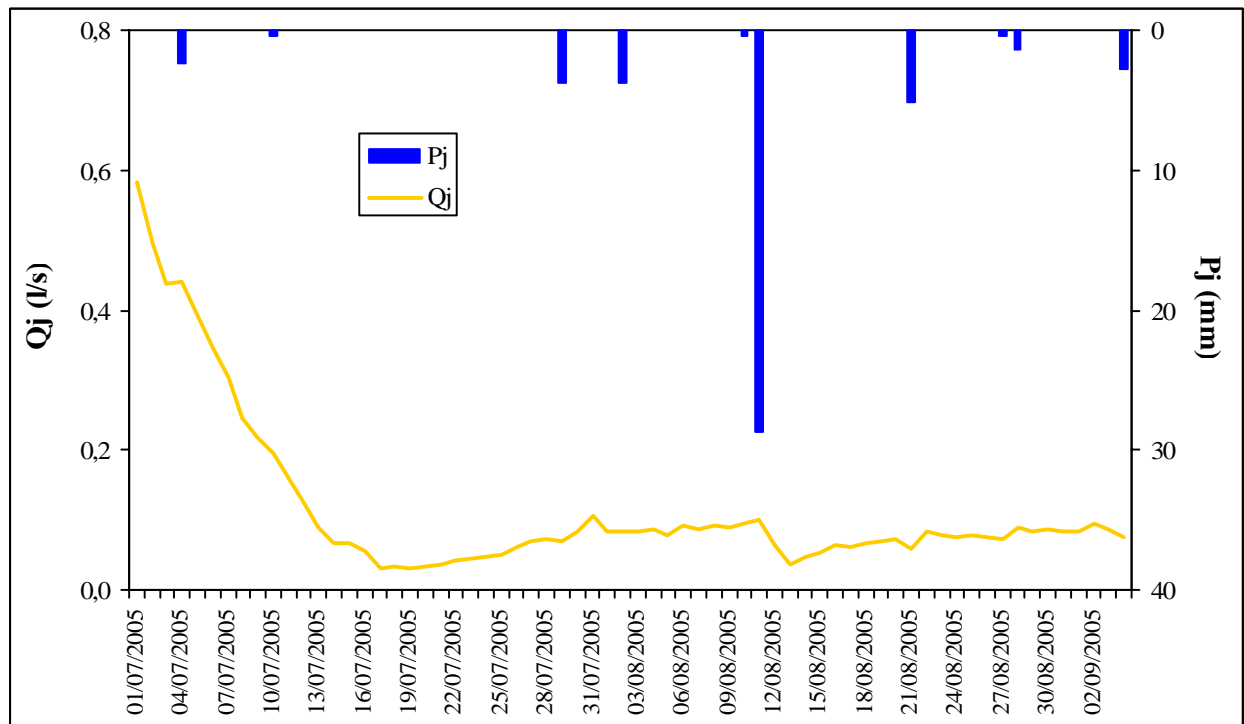


Figure 6.10 - Débits moyens journaliers (Qj) du ruisseau de Rouquet et précipitations journalières (Pj) au poste de la Perjurade du 1^{er} juillet au 4 septembre 2005.

7 : LES CAMPAGNES DE JAUGEAGES EN ÉTIAGE

En dépit des résultats déjà acquis au cours des années précédentes, de nouvelles campagnes de jaugeages, complétées par la mesure de la conductivité des eaux, ont été réalisées au cours de l'étiage 2005. Ces campagnes ont été l'occasion de se confronter à un problème méthodologique : l'influence de l'heure d'observation sur l'abondance des écoulements. L'exposé fera toujours référence à des heures traduites en heures d'hiver.

1 -Influence de l'heure d'observation sur les débits

Nous avons constaté sur les hydrogrammes (chapitre 6) que les écoulements en étiage sont affectés de fluctuations journalières. Les débits sont les plus forts durant la nuit et se maintiennent ainsi jusqu'en fin de matinée (11h00 à 12 h00). Ils chutent ensuite fortement jusqu'à 18h00 ou 19 h00, puis remontent en début de nuit. Ces fluctuations mises en évidence au niveau des stations hydrométriques doivent être mises en relation avec une observation faite par Norbert GOMEZ, au cours de l'été 2004, sur le chemin d'accès au chantier de réhabilitation des *tancats* dans la partie supérieure du bassin des Abrits. Un petit écoulement traversait le chemin aux premières heures de la matinée et s'asséchait l'après-midi, alors que l'évapotranspiration devenait plus active.

La réalité des variations journalières des débits est attestée par des jaugeages par empotement réalisés le 26 août 2005, entre 9 h et 17 h (mesures stoppées après une pluie de 0,5 mm à 17 h) sur trois sites de la partie inférieure de la Vallée Obscure (Fig. 7.1) : d'une part, à la station hydrométrique des Abrits, d'autre part, sur le Valescure en amont de la confluence avec le ruisseau des Abrits, au niveau du gué permettant l'accès au vallon des Abrits, enfin, à la station hydrométrique du Valescure aval.

Le 26 août, la différence de débit entre le début et la fin des observations a été particulièrement forte au niveau du gué sur le Valescure (près de 0,1 l/s). En un peu plus de 8 heures, les débits ont diminué de 10 % à la station du Valescure aval, de 21 % à la station des Abrits et de 42 % au gué sur le Valescure.

La somme des débits mesurés sur le ruisseau des Abrits et sur le Valescure au gué est passée de 0,297 l/s vers 9h00 à 0,186 l/s vers 16h30. Dans le même temps, le débit du Valescure à la station n'a que très faiblement diminué, passant de 0,338 l/s à 0,304 l/s. Il se pourrait donc que le débit à la station du Valescure aval soit régulé en étiage sévère par le volume d'eau stocké dans les sédiments accumulés en arrière du grand *tancat* qui domine la station.

Dans le même ordre d'idée, on notera que si le débit à la station de Valescure était légèrement supérieure à la somme des débits du ruisseau des Abrits et du Valescure au gué le 26 août au matin, il lui arrive parfois d'être plus faible, notamment le 23 août : ce jour là, la somme des débits mesurés entre 9h00 et 10h00 à la station des Abrits (0,083 l/s) et au gué sur le Valescure (0,598 l/s) atteignait 0,681 l/s, contre un débit de 0,457 l/s à la station du Valescure aval.

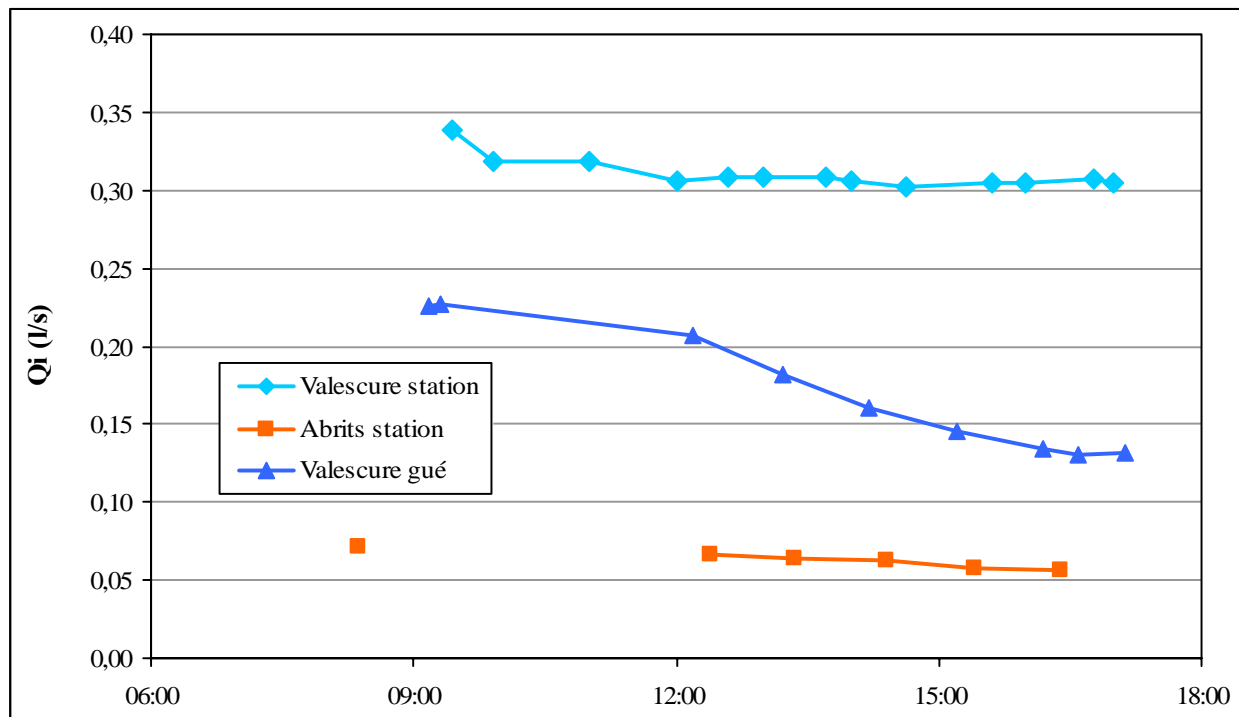


Figure 7.1 - Évolution dans le temps des débits (Q_i) jaugés dans la partie aval de la Vallée Obscure le 26 août 2005.

Une autre série de mesures rapprochées dans le temps a été effectuée sur le ruisseau de la Bastide le 23 août. (Tab. 7.1).

Tableau 7.1 - Jaugeages sur le ruisseau de la Bastide le 23 août 2005.

Heure	12:12	13:13	12:14	12:35	12:40	12:45	13:30	13:31
Q_i (l/s)	0,23	0,23	0,228	0,25	0,24	0,22	0,25	0,24
Heure	13:32	13:36	13:40	13:55	14:00	14:05	14:10	14:14
Q_i (l/s)	0,23	0,19	0,18	0,17	0,10	0,12	0,13	0,18

Entre 13h30 et 14h00, le débit du ruisseau de la Bastide a diminué de plus de 60 %, passant de 0,25 à 0,10 l/s, puis il a augmenté tout aussi rapidement. Selon toute vraisemblance, cette variation est due à un prélèvement d'eau au niveau de la Bastide.

Enfin, il nous a semblé intéressant de juger de la manière dont les variations journalières observées sur de petits cours d'eau, peuvent se traduire sur une rivière plus importante. Une échelle limnimétrique a donc été installée par nos soins le 12 juillet 2005, au pont d'Arenas, sur le Gardon. Elle a permis de constater de petites variations de hauteur entre le matin et le soir. Afin de quantifier les variations de débit, deux séries de jaugeages par dilution ont été menées, l'une le 31 août et l'autre le 4 septembre (Tab. 7.2). Pour chaque injection, deux suivis conductimétriques simultanés ont été réalisés au milieu de la rivière, en des points distant d'une cinquantaine de mètres, au niveau de resserrments du lit (largeur de deux mètres environ)..

Le 31 août, le débit a diminué de 13,8 l/s (soit de 14,6 %) en 6h30. Le 4 septembre, la diminution a été de 6,3 l/s (soit de 8,0 %). Ces variations correspondent à un abaissement du niveau d'eau de 1 cm le 31 août et de 0,4 cm le 4 septembre.

Tableau 7.2 - Séries de jaugeages sur le Gardon au pont d'Arénas.

Date *	Cote (cm)	Débit (l/s)
31/8/05 8h20	27,0	95,6
31/8/05 14h50	26,0	81,8
4/9/05 8h10	24,0	82,9
4/9/05 11h25	23,7	78,1
4/9/05 14h42	23,6	76,9
4/9/05 16h58	23,6	76,6

* : heures d'hiver.

De l'ensemble de ces observations, nous retiendrons les deux enseignements suivants :

- D'une part, si les fluctuations journalières sont modestes en valeur absolue, elles ont une grande importance relative lorsque les débits deviennent extrêmement faibles. Pour comparer des jaugeages effectués le même jour en différents points de la Vallée Obscure, il conviendrait donc, en toute rigueur, de disposer de mesures effectuées dans des conditions hydrologiques identiques. Certes, il est difficile de "boucler" une campagne d'étiage en quelques heures le matin Mais il vaudrait quand même mieux réaliser les mesures aux heures où le niveau reste le plus stable, c'est-à-dire avant midi (13h00 en heure d'été). Il faudra tenir compte de ce constat dans l'avenir.
- Les prélèvements d'eau réalisés sur certains cours d'eau contribuent évidemment à complexifier les interprétations sur les débits d'étiage.

2 - Les jaugeages

Sept campagnes de mesure des débits d'étiage, portant sur 14 points d'observation, ont été conduites entre le 13 juin et le 4 septembre. Les intervalles de temps entre deux campagnes varient de 10 à 21 jours.

Tous les jaugeages ont été réalisés par empotement, avec répétition d'au moins trois mesures. La conductivité électrique de l'eau a été mesurée sur place à température ambiante, un échantillon étant ramené au laboratoire pour calculer la conductivité en condition standard (à 25 °C).

Le ruisseau de Valescure et les ruisseaux pérennes

Au cours de l'été 2005, la décroissance des débits a été provisoirement interrompue par les orages des 21 juin et du 11 août (Tab. 7.3). Les débits les plus faibles ont été mesurés le 19 juillet sur le ruisseau de la Bastide, le 10 août aux stations de Valescure aval et des Abrits (Fig. 7.3), le 23 août sur le Cartaou et le 4 septembre à Valescure amont et sur le V2 (Fig. 7.4).

Tableau 7.3 - Débits (en l/s) jaugés de juin à septembre 2005 aux stations hydrométriques de la Vallée Obscure et dans la partie aval du V2.

	13/6/05		23/6/05		7/7/05		19/7/05		10/8/05		23/8/05		4/9/05	
Valescure aval	3,24	10h00	<i>15,9</i>	-	1,55	9h20	0,55	15h30	0,11	7h30	0,457	9h14	0,18	16h55
Abrits amont	0,55	-	1,39	-	0,18	8h50	0,057	15h14	0,022	7h06	0,083	9h55	0,035	17h10
V2	-	-	-	-	0,079	-	-	-	0,066	-	0,050	-	0,041	-
Cartaou	1,01	10h28	<i>1,60</i>	-	0,47	10h10	0,34	-	0,28	11h15	0,27	13h00	0,29	9h20
Bastide	0,37	-	0,88	-	0,29	14h45	0,14	16h30	0,22	13h13	0,15	14h15	0,20	10h30
Valescure amont	0,70	14h55	<i>3,64</i>	-	0,24	13h45	0,063	16h10	0,039	12h35	0,027	13h18	0,024	9h32

Pour chaque série de jaugeages, la colonne de gauche indique le débit et celle de droite l'heure (en heure d'hiver) de la mesure (les heures n'ont pas été systématiquement relevées). Les valeurs portées en italique (23 juin) sont tirées des hydrogrammes des stations hydrométriques.

Les débits spécifiques, qui permettent de comparer les situations hydrologiques de bassins versants différents, sont portés dans le tableau 7.4 (voir aussi les figures 7.2 à 7.4).

Tableau 7.4 - Débits instantanés spécifiques (en l/s/km²) mesurés de juin à septembre 2005 aux stations hydrométriques de la Vallée Obscure et dans la partie aval du V2.

	13/6/05	23/6/05	7/7/05	19/7/05	10/8/05	23/8/05	4/9/05
Valescure aval	0,81	<i>3,97</i>	0,39	0,14	0,027	0,12	0,044
Abrits	0,88	2,22	0,29	0,091	0,035	0,13	0,056
V2 *	-	-	(0,79)	-	(0,66)	(0,50)	(0,41)
Cartaou	1,91	<i>3,04</i>	0,89	0,65	0,53	0,51	0,55
Bastide	1,33	3,16	1,03	0,50	0,80	0,54	0,73
Valescure amont	0,76	<i>3,92</i>	0,26	0,068	0,042	0,029	0,026

* : il est impossible de délimiter précisément le bassin versant du V2. Les valeurs en italique (23 juin) sont tirées des hydrogrammes des stations hydrométriques.

À la fin de l'étiage 2005, le ruisseau de Valescure, en tête de bassin comme en aval, et le ruisseau des Abrits présentent les débits spécifiques les plus faibles. Les bassins du Cartaou et de la Bastide fournissent alors des écoulements spécifiques supérieurs d'un ordre de grandeur. Ces bassins versants disposent donc de réserves capables de soutenir plus efficacement les débits à la fin d'un étiage sévère. Même si sa superficie n'est pas connue précisément (elle est de l'ordre de 10 hectares), le bassin versant du V2 se rattache à ce dernier groupe. Mais il s'agit d'un bassin particulier, dans la mesure où le thalweg n'est pas incisé et qu'il est manifestement aligné sur une faille drainante qui aboutit, à l'aval, sur une source aménagée.

Comparées aux données des étiages des années précédentes, les valeurs mesurées le 4 septembre 2005 apparaissent plus faibles que celles relevées en septembre 2004 et proches de celles de l'étiage 2003 (Tab. 7.5). Seul le ruisseau du V2 fait exception. Dans ce cas, la valeur très faible trouvée en 2003 résulte certainement des difficultés rencontrées pour trouver un point de jaugeage satisfaisant, avant que le secteur n'ait été débroussaillé par l'équipe de réhabilitation des *tancats*. En revanche, la faible différence entre les débits mesurés en 2004 et 2005 tient sans doute davantage aux particularités de ce bassin versant.

Fig. 7.5 - Comparaison des débits spécifiques (l/s/km^2) jaugés début septembre en 2003, 2004 et 2005, aux stations hydrométriques de la Vallée Obscure et dans la partie aval du V2.

	03-05/09/2003	07/09/2004	04/09/2005
Valescure aval	0,10	0,43	0,044
Abrits	0,063	0,41	0,056
V2 *	(0,18)	(0,38)	(0,41)
Cartaou	0,53	0,77	0,55
Bastide	1,15	1,76	0,73
Valescure amont	0,026	0,13	0,026

* : il est impossible de délimiter précisément le bassin versant du V2.

Ruisseau de Valescure de l'amont vers l'aval

Différents séries de jaugeages effectuées le long du ruisseau de Valescure, entre les stations hydrométriques aval (bassin de $3,99 \text{ km}^2$) et amont (bassin de $0,93 \text{ km}^2$) confirment pour l'essentiel les observations des années passées (Tab. 7.6 ; Fig. 7.2 à 7.4).

Les débits augmentent systématiquement de l'amont vers l'aval jusqu'au début juillet. Dès le 19 juillet, il semble en aller différemment, et le maintien d'un écoulement vers l'aval est tributaire des apports des affluents, en particulier de ceux des ruisseaux de la Bastide et de Cartaou. En effet, ces deux ruisseaux fournissent, à eux deux, un débit relativement élevé durant l'été : 0,75 l/s le 7 juillet (débit du Valescure aval : 1,55 l/s) ; 0,50 l/s le 10 août (débit du Valescure aval : 0,11 l/s) ; 0,49 l/s le 4 septembre (débit du Valescure aval : 0,18 l/s).

Tout comme les années précédente, les variations se révèlent irrégulières entre la confluence avec le Cartaou et la station hydrométrique aval (Tab. 7.6 et 7.7). Certes, il existe un fonctionnement associant des pertes alimentant des circulations le long de fissures et des phénomènes de restitution au niveau d'affleurements de roches saines et peu fissurées. Mais les phénomènes de restitution dans la partie aval du cours d'eau, secteur où les roches sont localement très massives (gué sur le Valescure en amont de la confluence avec le ruisseau des Abrits, cascade en amont de la station hydrométrique aval), ne permettent pas de retrouver toute l'eau perdue. Les mesures effectuées le 26 août montrent en outre qu'aucune restitution importante ne se produit en aval de la station hydrométrique du Valescure aval : le jaugeage effectué en dessous du dernier *tancat*, juste avant la confluence avec le Gardon, indique un débit de 0,32 l/s ($0,078 \text{ l/s/km}^2$), valeur très proche du débit mesuré à la station hydrométrique (0,31 l/s). De toute évidence, les cours d'eau subissent des pertes par évapotranspiration (évaporation et prélèvements par les arbres de la ripisylve).

Pour finir, soulignons que le débit spécifique trouvé pour le Valescure aval le 26 août apparaît relativement faible. Le même jour, le débit spécifique du Gardon au pont d'Arénas, était voisin de 1 l/s/km^2 .

Tableau 7.6 - Séries de jaugeages (débits en l/s) le long du ruisseau de Valescure au cours de l'étiage 2005.

Valescure	13/6	07/7	19/7	10/8	23/08	26/08	04/09
Sous dernier tancat aval	-	-	-	-	-	0,322	-
Station aval	3,24 (à 10h00)	1,55 (à 9h20)	0,55 (à 15h30)	0,11 (à 7h30)	0,46 (à 9h14)	0,31 (à 14h00)	0,18 (à 16h55)
Amont Abrits	-	1,37 (à 8h30)	0,55 (à 14h55)	0,16 (à 8h03)	0,60 (à 9h37) 0,37 (à 17h00)	0,23	0,13 (à 16h35)
Aval V2	-	1,41	-	0,26	0,60	-	-
Amont V2	-	1,33 (à 9h40)	-	0,20 (à 8h36)	0,55 (à 16h45)	-	-
100 m amont V2	-	-	-	0,27 (à 8h50)	-	-	-
Aval Cartaou	-	1,26 (à 12h45)	-	0,33 (à 9h19)	0,29 (à 16h15)	-	0,21 (à 15h18)
Amont V3	-	0,84 (à 13h25)	-	0,19 (à 10h00)	-	-	0,071 (à 14h45)
Aval Bastide	-	0,64	-	0,22	0,23	-	0,17
Amont Bastide	-	0,35 (à 15h10)	-	0,058 (à 13h00)	0,076 (à 14h25)	-	0,033 (à 10h30)
Gué amont	-	-	sec	sec	sec	-	sec
Station amont	0,70 (à 14h55)	0,24 (à 13h45)	0,063 (à 16h10)	0,039 (à 12h35)	0,027 (à 13h18)	-	0,024 (à 9h32)

Tableau 7.7 - Jaugeages du 4 septembre 2005 sur le ruisseau de Valescure et certains de ses affluents.

	Qi (l/s)	Affluents	Qi (l/s)
V. aval (à 16h55)	0,18	Total affluents (1)	0,58
		(1) + V amont	0,60
V. amont Abrits (à 16h35)	0,13		
		Abrits station (17h10)	0,035
		V2 (17h25)	0,041
V. aval Cartaou (à 15h18)	0,21		
		Cartaou (à 9h20) *	0,29
V. amont V3 (à 14h45)	0,071		
		V3 (15h00)	0,016
		Bastide (V5) (à 10h20)	0,20
V. amont V5 (à 10h30)	0,033		
V. amont (à 9h32)	0,024		

* : 0,17 l/s juste en amont de la confluence avec le Valescure à 14h30.

3 - La conductivité des eaux

En 2005, les tendances observées les années précédentes se confirment (Tab. 7.8). :

Tableau 7.8 - Conductivité des eaux du Valescure et de ses affluents au cours de l'étiage 2005, et comparaison avec les données recueillies au début septembre 2003.

Les conductivités (à 25 °C) sont exprimées en $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$.

Valescure (V.) Affluents	13/6/05	7/7/05	22/7/05	10/8/05	23/8/05	4/9/05	3-5/9/03
Valescure aval	123	139	146	157	156	157	138
Abrits station	101	122	-	143	133	135	123
Abrits aval	98	117	-	152	138	-	-
V. amont Abrits	-	144	155	174	169	177	-
V2	-	107	-	116	119	122	100
V. amont V2	-	147	-	183	174	-	-
V. aval Cartaou	-	144	-	181	174	177	147
Cartaou station	99	113	120	124	120	122	-
Cartaou aval	-	114	-	133	129	142	102
V. amont Cartaou	-	-	-	-	-	172	171
V3	-	152	-	199	-	185	-
V. amont V3	-	159	-	207	-	214	173
Bastide station	-	91	93	91	90	94	-
Bastide aval	-	103	-	114	109	111	89
V. amont Bastide	-	124	-	127	128	125	114
V. gué amont	121	148	157 *	144 *	169 *	177 *	sec
Valescure amont	125	136	170	165	199	191	sec

* : pas d'écoulement continu, mais seulement des trous d'eau.

Par ordre de conductivité des eaux croissante, les cours d'eau se classent de la manière suivante : Bastide ($< 100 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$), Cartaou et V2 (100 à $125 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$), Abrits (100 à $150 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$), V3 (150 à $200 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$). Les différences de minéralisation que ces valeurs traduisent, tiennent à la fois à l'altération des minéraux et à la concentration des eaux par l'évapotranspiration.

Sur le ruisseau de Valescure, les valeurs qui étaient voisines de $120 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ le 13 juin, aussi bien au niveau de la station hydrométrique amont qu'à celui de la station aval, se sont élevées le 4 septembre à $191 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ à la station hydrométrique amont et à $157 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ à la station aval (Tab. 7.8 et Fig. 7.1).

À la station amont, les mesures ont été influencées par le traçage au sel effectuée le 4 juillet au-dessus du *tancat* de la Jasse (voir chapitre 8). Cet essai s'est déroulé dans des conditions de tarissement extrême et la restitution du sel injecté (3 kg), d'abord très lente, s'est interrompue, avant d'être un peu réactivée à la suite de l'épisode pluviométrique du 11 août. Il faudra attendre la crue du 6-9 septembre pour que la totalité du sel encore piégé derrière le *tancat* soit évacuée. On a alors retrouvé, pendant et après la crue, des conductivités plus faibles (78 et $69 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ les 7 et 9 septembre), proches de celles observées à la station hydrométrique

aval (82 et 69 $\mu\text{cm}/\text{cm}^2$). En tout cas, l'injection de sel du 4 juillet n'a pas eu d'effet perceptible sur la conductivité des eaux plus en aval, du moins à partir du point d'observation en amont de la confluence avec le ruisseau de la Bastide.

Du 7 juillet au 4 septembre, la conductivité a augmenté de 46 % à la station du Valescure amont et de 13 % à la station aval. Entre le 13 juin et le 4 septembre, les augmentations ont atteint respectivement 53 et 28 %.

Sur les affluents du ruisseau de Valescure (Tab. 7.8), du 7 juillet au 4 septembre, la conductivité a augmenté de 3 % (à la station hydrométrique du ruisseau de la Bastide) à 25 % (ruisseau de Cartaou près de la confluence avec celui de Valescure). Du 13 juin au 4 septembre, l'augmentations de la conductivité aux stations hydrométriques des Abrits et de Cartaou s'établit respectivement à 34 et 23 %, ce qui est du même ordre de grandeur que l'augmentation mise en évidence pour la station du Valescure aval. L'accroissement général de la conductivité des eaux tient au fait qu'en fin d'été, les ruisseaux écoulent essentiellement des eaux provenant de couches aquifères très profondes, qui sont restées longtemps au contact des roches, et qui sont donc très minéralisées. En raison de la sévérité de l'étiage 2005, les valeurs mesurées le 4 septembre ont toutes été supérieures à celles observées au début du mois de septembre 2003 (Tab. 7.8), l'augmentation allant de 10 %, pour le ruisseau des Abrits, à 24 %, pour celui de Cartaou dans sa partie aval.

Sur le ruisseau Valescure, la conductivité des eaux évolue de manière très irrégulière de l'amont vers l'aval (Fig. 7.2 et 7.3), en fonction des pertes et des éventuelles restitutions le long du cours, ainsi que des apports latéraux, par les cours d'eau ou occultes (Fig. 7.2 à 7.4).



Fig. 7.2 - Campagne de jaugeages du 7 juillet 2005
(débit en l/s / conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}/\text{cm}^2$; : absence de mesure).



Fig. 7.3 - Campagne de jaugeages du 10 août 2005
(débit en l/s / conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}/\text{cm}^2$; : absence de mesure).



Fig. 7.4 - Campagne de jaugeages du 4 septembre 2005
(débit en l/s / conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}/\text{cm}^2$; : absence de mesure).

8 : LES TRAÇAGES AU SEL DERRIÈRE LES TANCATS

Dans la continuité de ceux réalisés les années précédentes, deux traçages à travers les sédiments accumulés derrière des *tancats*, ont été conduits en 2005, portant respectivement sur le ruisseau du Cartaou et sur le Valescure amont. L'utilisation d'un conductimètre enregistreur WTW a grandement facilité la tâche.

1 - Essai du 9 au 13 juin sur le Cartaou

Ce traçage a été réalisé sur le même site qu'en 2003 et 2004, à savoir sur l'ouvrage situé immédiatement en amont de la station hydrométrique. Le *tancat* a une hauteur de 6,7 mètres et une largeur avoisinant 7 mètres.

Les conditions pluviométriques étaient parfaites : il n'avait pas plu depuis le 24 mai et si des pluies se sont produites durant le suivi (1,8 mm), elles sont tombées (le 12 juin entre 18h39 et 20h52) après la fin de la restitution du sel.

Deux kilogrammes de sel ont été injectés le 9 juin à 10h45 (en heure d'hiver), 55 mètres en amont du *tancat*. L'enregistrement de la conductivité (et de la température) a duré 4 jours (de 10h45 le 9 juin à 11h30 le 13 juin) avec un pas de mesure de 15 minutes. Deux prélèvements d'eau ont été effectués en début et en fin d'opération pour analyse au laboratoire, en vue de recalculer les conductivités enregistrées sur des conditions standard (à 25 °C). Ces échantillons ont révélé des conductivités de 111,7 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ pour le premier et 110,1 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ pour le second. La diminution de la conductivité entre le début et la fin du suivi est la conséquence de la pluie. Le retour à la conductivité initiale avant la pluie indique, en tout cas, que tout le sel injecté a bien été évacué.

Durant les quatre jours de suivi, du fait des précipitations, le débit du ruisseau a très légèrement augmenté (Fig. 8.1), le débit mesuré par empotement à la base du *tancat* passant de 0,72 l/s le 9 juin à 11h14 et 1,00 l/s le 13 juin à 11h00. Toutefois ces jaugeages, surtout le premier qui n'a pas été réalisé dans les meilleures conditions (somme de trois jaugeages partiels), ne sont peut-être pas totalement satisfaisants. La station hydrométrique fournit, pour les heures où ces jaugeages ont été effectués, des débits de 0,91 et de 1,20 l/s.

L'augmentation de la conductivité a débuté 75 minutes après l'injection. Le pic de conductivité (179 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$) s'est produit 4h45 après le début de la restitution. À partir du début de la restitution, la conductivité est redescendu à 123 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ au bout de 24 heures et à 116 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$ au bout de 48 heures. Le retour à la conductivité initiale s'est produit le 12 juin à 15h00, 75 heures et 15 minutes après le début du passage du sel.

La différence entre la conductivité maximale et la conductivité initiale correspond à une augmentation de la concentration en chlorure de sodium de 32,2 mg/l. Pour atteindre cette valeur, le volume d'eau nécessaire à la dilution de la saumure injectée (2000 g de NaCl) est de 62,1 m³. Ce volume constitue la borne inférieure de la fourchette dans laquelle se situe le volume d'eau contenu dans les matériaux stockés derrière le *tancat*. En 2004, nous avons trouvé 68,6 m³ le 23 juin, et 55,8 ou 53,9 m³ le 12 juillet. Ces résultats forment un ensemble cohérent.

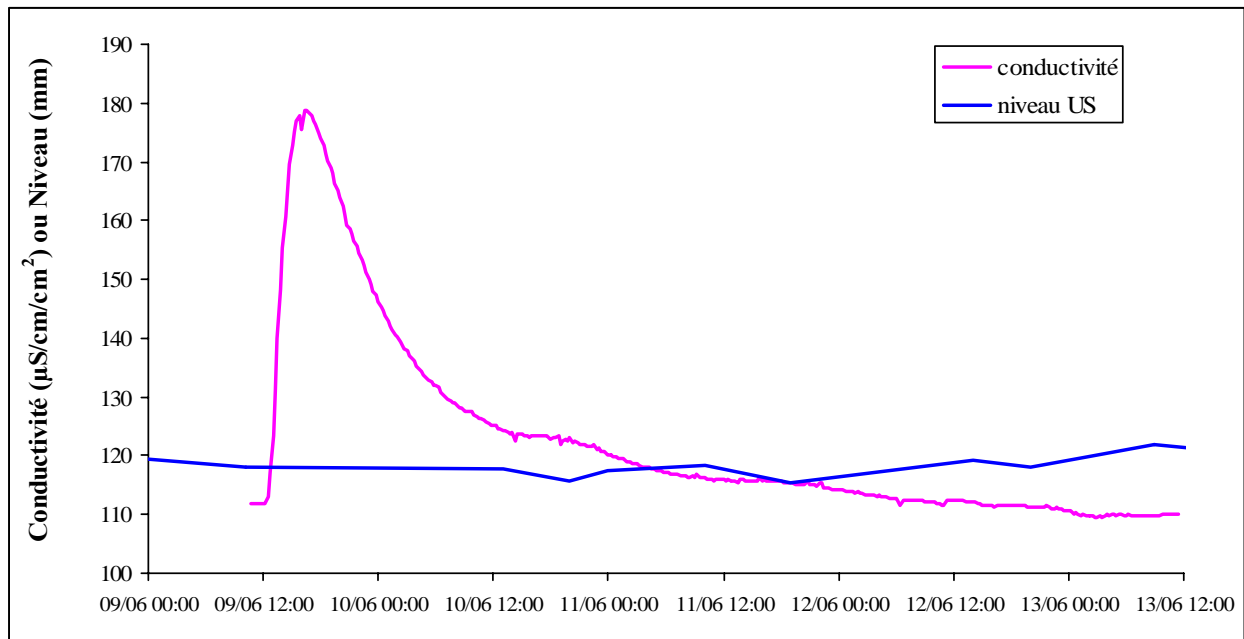


Figure 8.1 - Variation de la conductivité (à 25 °C) des eaux à la base du *tancat* et évolution des hauteurs d'eau à la station avec sonde à ultrasons (US) lors du traçage effectué sur le Cartaou en juin 2005. (heures en heures d'hiver).

Entre le début et la fin du passage du sel, l'augmentation moyenne de la concentration du chlorure de sodium liée à l'injection s'est établie à 6,89 mg/l. En conséquence, pour assurer l'évacuation de tout le sel injecté, il a fallu un volume d'eau écoulé de 290 m³, ce qui correspond à un débit moyen de 1,07 l/s. Ce débit est supérieur aux débits jaugés les 9 et 13 juin. Il est également supérieur au débit moyen à la station hydrométrique évalué pour la durée du passage du sel, soit 0,87 l/s.

La différence entre le volume d'eau écoulé estimé à partir des données du traçage et celui calculé à partir des données de la station hydrométrique (236,3 m³) peut laisser supposer l'existence d'un sous-écoulement. Elle n'est cependant pas suffisamment forte (23 % du volume le plus faible) pour ne pas pouvoir s'expliquer aussi par les incertitudes sur les différentes mesures.

Le jaugeage réalisé en juin 2005 complète utilement ceux que nous avons menés en 2004, pour lesquels les suivis avaient été arrêtés avant le retour à la conductivité initiale, car nous ne disposions pas d'un conductimètre enregistreur.

2 - Essai du 4 au 27 juillet sur le Valescure amont

À 78 mètres en amont de la station hydrométrique de Valescure amont, et à proximité de l'ancien hameau de la Jasse, se trouve un *tancat* de 6,5 mètres de haut et 17 mètres de large. Ainsi barré jusqu'au niveau d'un épaulement, le fond de vallon atteint une largeur de 29 mètres. Les dépôts retenus derrière cet ouvrage s'étalent sur une longueur de 125 mètres. Immédiatement en amont de ce dépôt, les eaux s'écoulent sur un affleurement rocheux en forte pente, puis rejoignent une excavation de petite dimension creusée dans les sédiments. C'est en ce point, au niveau duquel se faisait brutalement l'infiltration au moment de l'essai, que l'injection a été effectuée.

En contrebas du *tancat*, qui est ancré sur le rocher, une vasque de 10 m² environ, peu remplie au moment de l'essai, recueille les eaux qui sortent à la base de l'ouvrage en étiage. La sonde du conductimètre a été placée dans le filet d'eau sortant à la base de l'ouvrage.

L'essai a été mené du 4 juillet à 12h00 au 27 juillet à 9h30 (Fig. 8.2), avec enregistrement de la conductivité et de la température toutes les 15 minutes. L'appareil disposant d'une capacité maximum de 800 pas de mesure, sa mémoire a été vidée le 12 juillet. Le conductimètre a ensuite été prématurément retiré, le 27 juillet, des traces de passage (homme ou animal ?) ayant été relevées.

Sur la période de suivi, la température moyenne de l'eau s'établit à 12,1 °C, avec un minimum de 11,7 °C et un maximum de 12,7 °C. La température qui avoisinait 12,5-12,7 °C au début des mesures est progressivement descendue pour se situer à 11,9-12,3 °C à la fin des observations. Cette évolution est à l'inverse de celle de la température de l'air sous abri au Château de la Vallée Obscure, ce qui ne peut s'expliquer que par une augmentation de la part que des eaux à l'abri de ce réchauffement prennent dans l'écoulement total. À cet égard, on notera que des arrivées d'eau occultes se produisent dans ce secteur, notamment au sein des sédiments accumulés derrière le *tancat*. Elles se traduisent par des conductivités différentes en amont du dépôt, à la base du *tancat* et au niveau de la station hydrométrique de Valescure amont. Le 4 juillet, les conductivités mesurées en ces points atteignaient respectivement 216, 173 et 135 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$. La modification dans la répartition des apports d'eau (eaux écoulées par le ruisseau en amont du dépôt derrière le *tancat*, eaux arrivant des versants au niveau des sédiments ou en aval du *tancat*) s'est accompagnée d'une forte diminution du débit du cours d'eau à la station. Les jaugeages ont donné des débits de 0,33 l/s le 4 juillet et de 0,084 l/s le 22 juillet.

3000 g de sel ont été injectés le 4 juillet. La conductivité des eaux à la sortie du *tancat* est restée stable jusque vers 21h00 (172,1 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$), puis elle a augmenté très lentement (Fig. 8.2). La conductivité maximale à la base du *tancat* (204,6 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}^2$) a été enregistrée le 13 juillet à 15h23. La part de la concentration du chlorure dans les eaux provenant de l'injection était alors de 15,7 mg/l. La valeur minimale du volume d'eau stocké dans les matériaux accumulés derrière le *tancat* peut donc être évaluée à 191 m³.

La courbe des conductivités est régulière dans la phase de montée. En revanche, elle manifeste des fluctuations journalières très nettes dans la partie décroissante. Ces variations sont parfaitement opposées à celles que décrit le limnigramme de la station du Valescure amont, la conductivité étant maximale vers 18 heures, quand le débit est le plus faible, et au contraire minimale entre 11 heures et 14 heures, lorsque les débits sont forts (Fig. 8.3). Ces fluctuations inverses du débit et de la conductivité traduisent les effets des prélèvements d'eau par la végétation.

Le traçage réalisé sur le *tancat* de la Jasse s'est révélé assez décevant. L'étiage étant déjà bien avancé, le débit du Valescure amont n'a pas pu assurer une évacuation efficace du sel, surtout que l'écoulement a rapidement décliné jusqu'à pratiquement disparaître. Dans ces conditions, considérant la difficulté de maîtriser les paramètres conductivité et débit (difficulté rendue encore plus grande par les apports d'eau occultes rejoignant le thalweg à proximité du *tancat*, et par les effets de l'évapotranspiration), il convenait d'arrêter les mesures.

L'opération pourra cependant être renouvelée. Mais il faudra travailler avec des débits suffisants pour que les conditions parasites qui ont en partie ruiné le traçage en 2005 n'aient qu'une très faible importance relative.

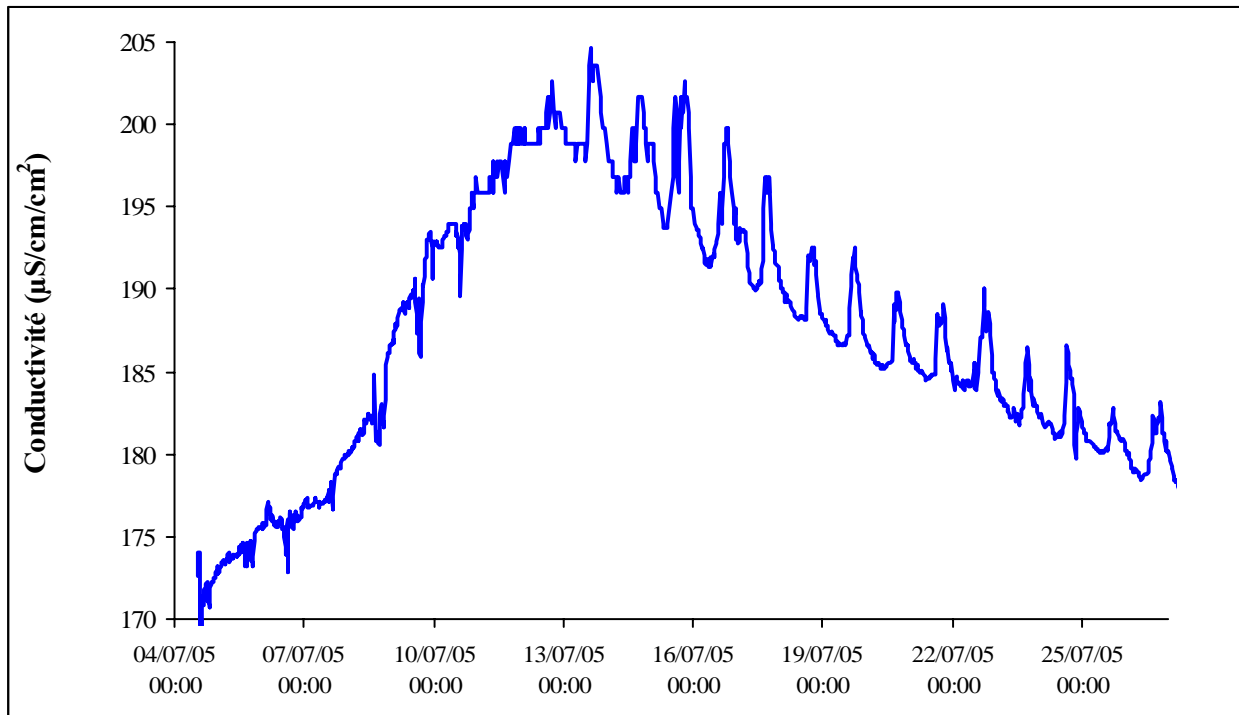


Fig. 8.2 - Variation de la conductivités (à 25 °C) des eaux à la base du *tancat* de la Jasse lors du traçage effectué sur le Valescure amont en juillet 2005. (heures en heures d'hiver).

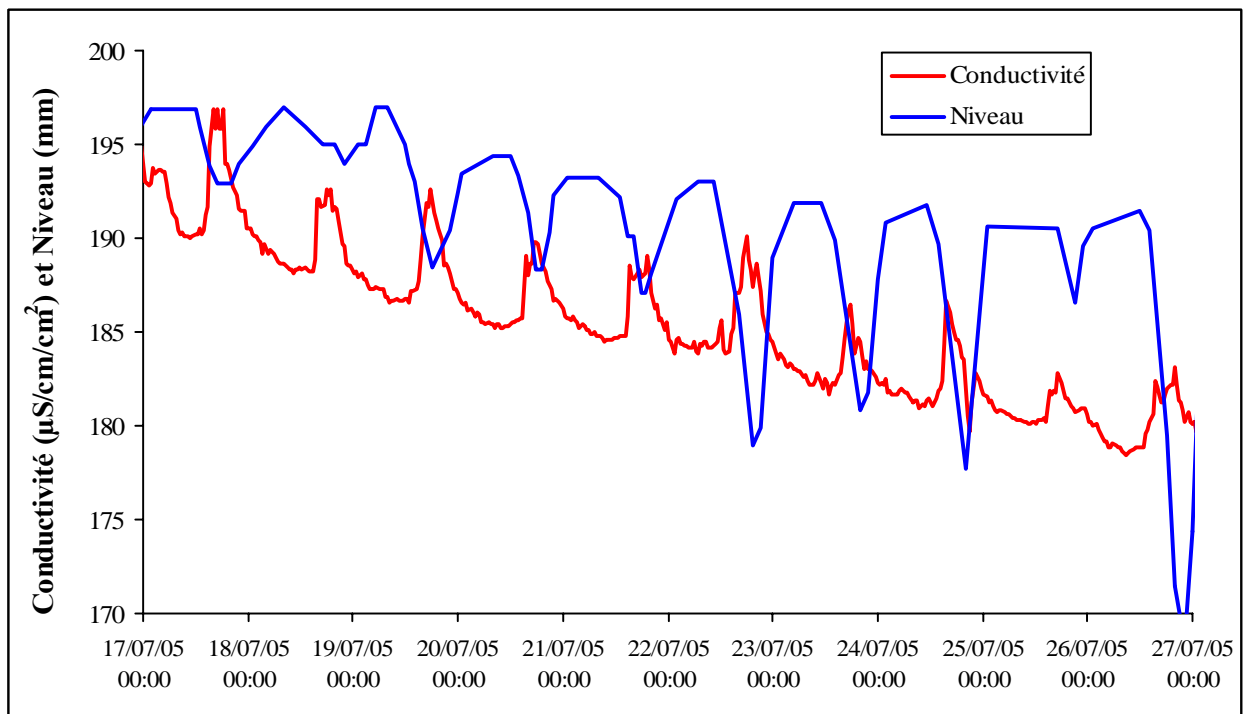


Fig. 8.3 - Variations de la conductivité des eaux à la base du *tancat* de la Jasse et des hauteurs d'eau à la station du Valescure amont (limnigraphe à sonde à ultrasons) du 17 au 27 juillet 2005. (heures en heures d'hiver).

9 : LES MESURES DE L'EAU DANS LE SOL

Les mesures de l'eau dans le sol reposent, d'une part, sur une station de suivi de l'humidité des sols par sondes TDR et, d'autre part, sur des piézographes. L'objectif est d'étudier la relation pouvant exister, lors des épisodes pluvieux, entre l'évolution du débit des cours d'eau et celle de l'humidité des sols.

1 - La station TDR

Cette station, équipée grâce à des crédits FEDER (INTERREG 3B) obtenus pour le projet TERRISC, a été mise en service en mars 2005 à proximité immédiate du Château de la Vallée Obscure (voir chapitre 2).

La méthode TDR (Time Domain Reflectometry – réflectométrie dans le domaine temporel) exploite la relation entre la constante diélectrique des sols et la teneur en eau volumique. La détermination de l'humidité passe par la mesure du temps de transit d'une onde électromagnétique entre deux électrodes.

Nous utilisons du matériel TRIME fabriqué par la société IMKO. Les sondes sont reliées à une centrale d'acquisition qui enregistre les données toutes les quinze minutes.

Pour la mise en place des sondes, nous avons opté pour le creusement de fosses. Ainsi les sondes ont-elles pu être mises en position horizontale, les deux électrodes à la même hauteur. Nous avons veillé à mettre uniquement de la terre fine entre les électrodes.

Pour répondre aux exigences du programme TERRISC (*Récupération des paysages de terrasses et prévention des risques naturels*), la station TDR a été implantée sur d'anciennes terrasses de culture (jardins) qui n'ont pas été envahies par la forêt et sont actuellement enherbées. Le Château de la Vallée Obscure et la piste qui se trouvent au-dessus de la station perturbent sans doute les fonctionnements naturels. Il nous a cependant paru que les avantages (bonne exposition pour le panneau solaire alimentant la batterie de la station, et secteur relativement protégé du vandalisme) l'emportaient sur les inconvénients, d'autant que la circulation des eaux dans le sol est *a priori* surtout marquée ici par les phénomènes *per descensum*.

Les douze sondes du dispositif de mesure sont partagées entre quatre sites (Fig. 9.1) :

- Le groupe G1 est associé aux parcelles de ruissellement et d'érosion.
- Le groupe G2 se trouve en arrière d'un mur de terrasse.
- Le groupe G3 est sur la même terrasse, mais au pied du mur qui la domine.
- Le groupe G4, enfin, est immédiatement en arrière de ce même mur.

En G2, G3 et G4, les sondes les plus profondes (jusqu'à 143 cm) se situent au niveau de la roche (granite), mais très fissurée et partiellement altérée.

La station a connu quelques problèmes à l'automne 2005, l'étanchéité et la protection des boîtiers de dérivation des câbles se révélant insuffisante. Ce problème est maintenant résolu.

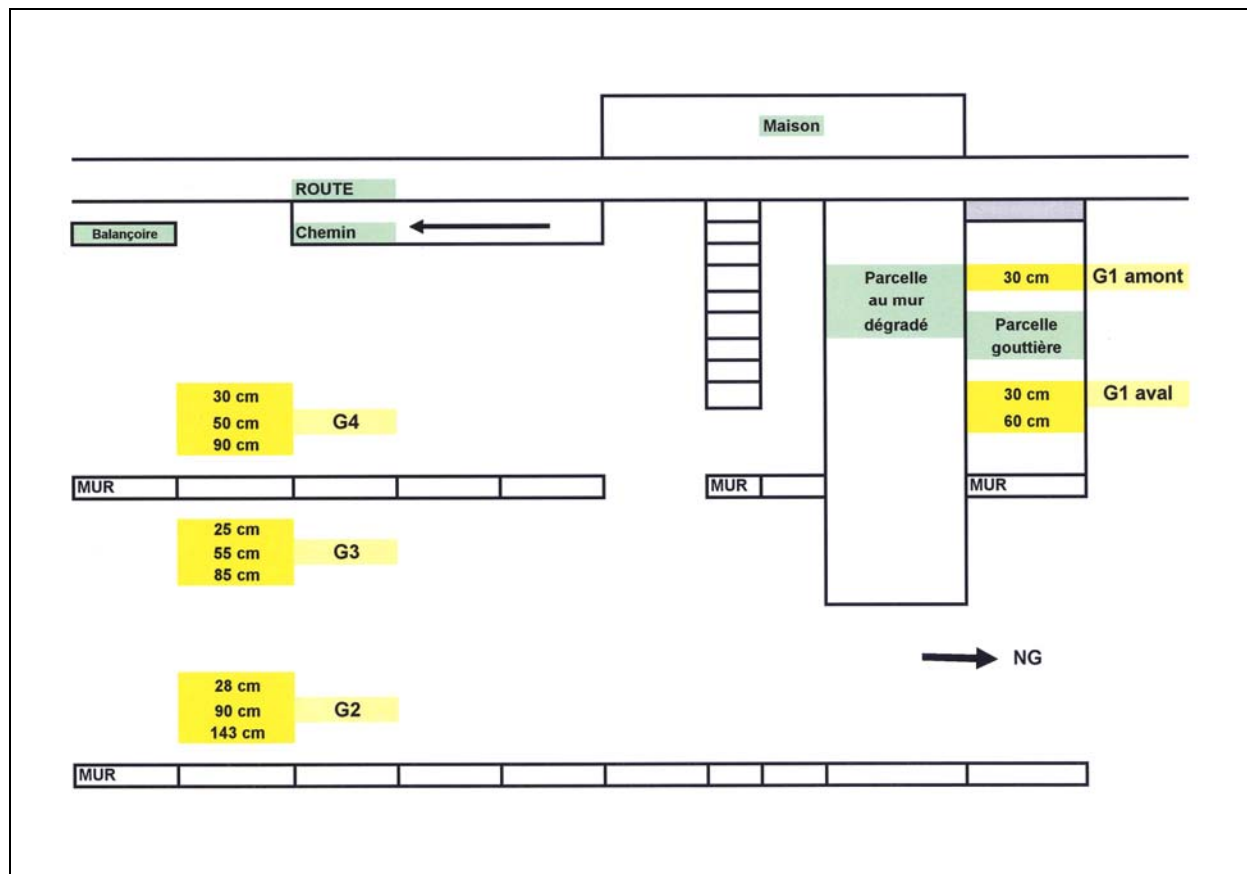


Figure 9.1 - La dispositif de mesure de l'humidité des sols par sondes TDR sur les terrasses du Château de la Vallée Obscure.

Les figures 9.2 et 9.3 fournissent des exemples d'enregistrements de l'humidité des sols.

Le 21 juin comme le 31 octobre 2005, on voit bien le décalage de temps entre les précipitations et la montée de l'humidité des sols. Mais ces deux épisodes diffèrent sensiblement.

L'épisode orageux du 21 juin 2005 est caractérisé par des précipitations extrêmement violentes (intensité de 97 mm/h sur 30 minutes, de 171 mm/h sur 5 minutes), mais dont l'abondance était modeste (53 mm) au regard de l'état de sécheresse des sols. (humidité volumique initiale entre 5 et 10 %). Pour expliquer la forte augmentation de l'humidité du sol à 30 cm de profondeur sur le site G4, on ne peut exclure une arrivée d'eau de ruissellement en provenance de l'amont. Ce sont essentiellement les horizons superficiels qui ont réagi : en G4, mais aussi en G3 et G2, et même en G1 amont, mais avec beaucoup de retard. Pour les sondes enterrées plus profondément, seules celles du groupe G3 (à 90 et à 143 cm), au pied d'un mur de terrasse, ont enregistré un accroissement sensible de l'humidité. La sonde la plus profonde du groupe G4 (à 90 cm) montre elle-aussi une augmentation du taux d'humidité, mais très faible et très étalée dans le temps. Les sondes du groupe G1 aval et la sonde G4 à 50 cm n'ont pas fonctionné.

Les précipitations du 31 octobre 2005 tombent sur des sols ayant un taux d'humidité initial plus élevé. Les précipitations les plus violentes se produisent de 20h12 à 21h47 (50 mm, avec des intensités de 60 mm/h sur 30 minutes et de 93 mm/h sur 5 minutes).

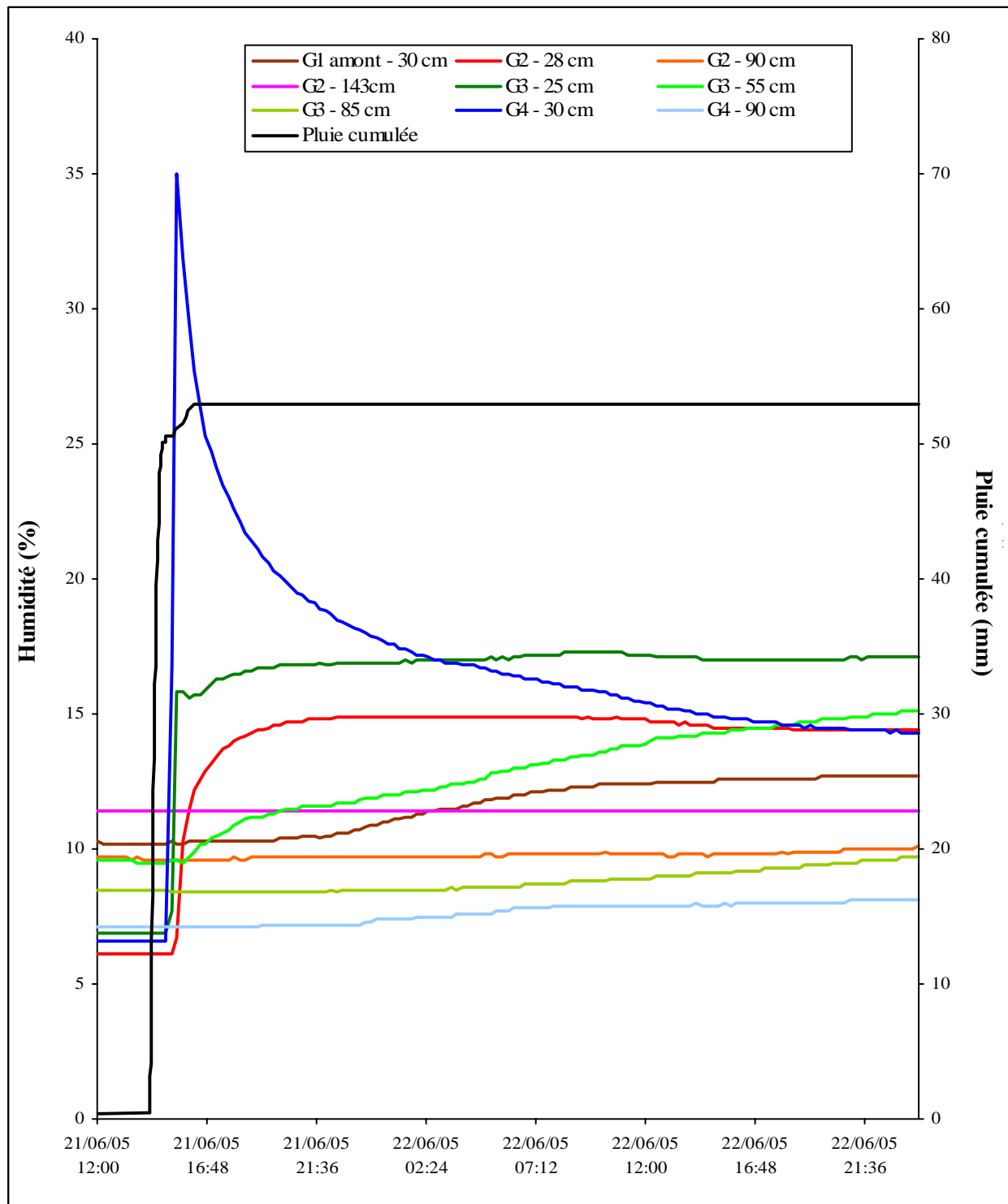


Fig. 9.2 - Taux d'humidité volumique des sols à la station TDR et pluie cumulée lors de l'épisode du 21 juin 2005. (heures en heures d'hiver).

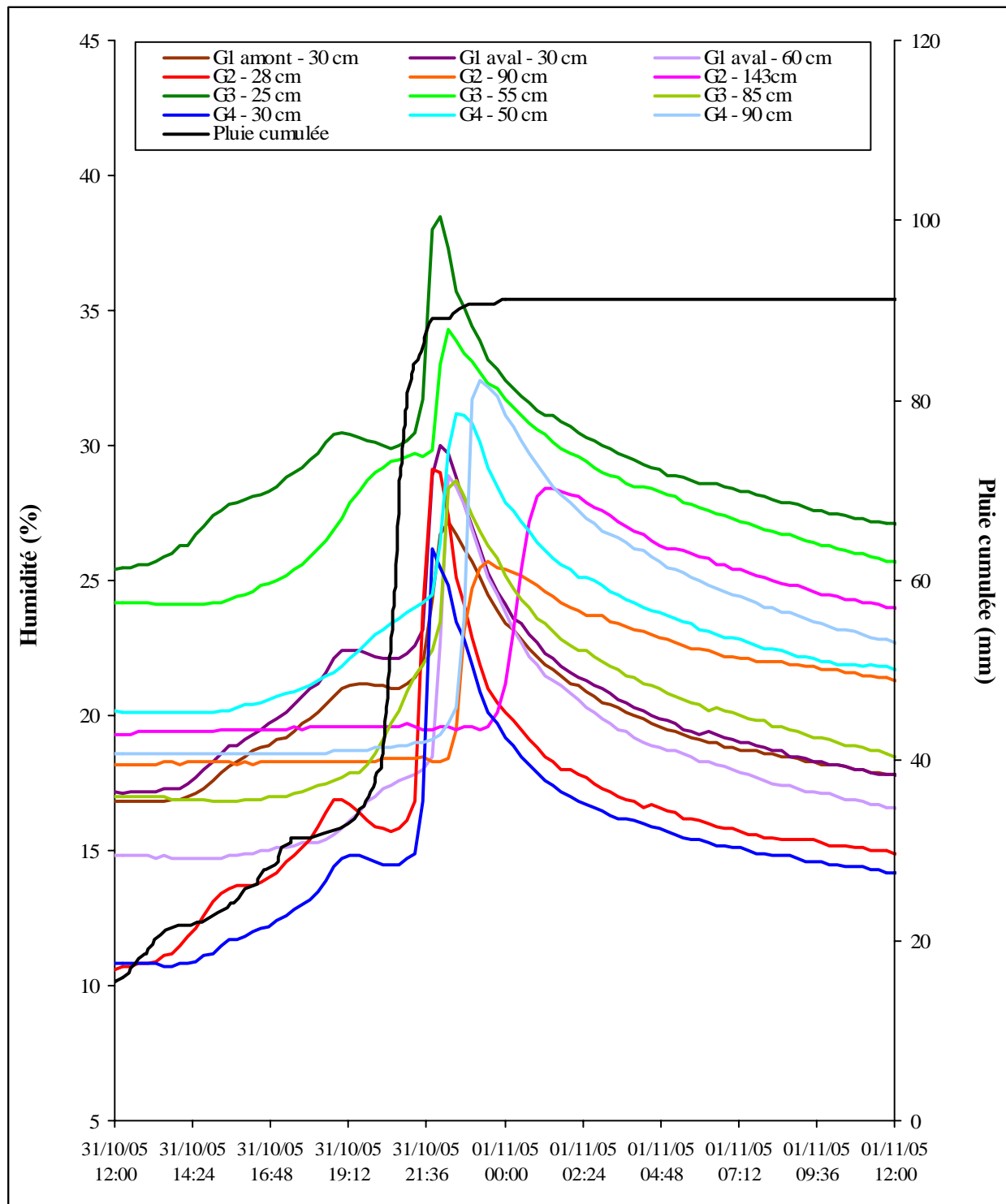


Fig. 9.3 - Taux d'humidité volumique des sols à la station TDR lors de l'épisode du 31 octobre 2005, et pluie cumulée depuis le 30 octobre à 00h00.
(heures en heures d'hiver).

Au cours de cet épisode du 31 octobre 2005, on retrouve, pour chaque groupe de sondes, le décalage, dans le temps, de l'augmentations de l'humidité, en fonction de la profondeur. Pour les taux d'humidité maximaux, le décalage entre les sondes est de 15 minutes en G1 amont (22h00 et 22h15) et en G3 (22h00, 22h15 et 22h30). Il est de 45 minutes en G4 (21h45, 22h30 et 23h15). Il est plus variable en G2, mais il est vrai avec un profil beaucoup plus épais (21h45, 23h30 et 01h15).

Les taux d'humidité maximaux diminuent vers le bas en G1 aval (de 30 à 28,9 %) et en G3. Ils augmentent au contraire en G4 (de 26,2 à 32,4 %). En G2, l'humidité est maximale à 28 cm de profondeur (29,1 %) et minimale à 90 cm (25,7 %), avec une humidité de 28,4 % à 143 cm. De toute évidence, les sols au niveau des sondes n'ont jamais été saturés au cours de cet épisode.

Dans la partie supérieure des profils, la diminution de l'humidité est rapide en G2 et en G4. Elle est plus lente en G3 où l'humidité a pourtant atteint la valeur la plus forte au cours de cet épisode.

Ces observations posent évidemment un certain nombre de questions, en particulier au sujet du rôle joué par les murs des terrasses, mais il est évidemment trop tôt pour tirer des enseignements détaillés sur les fonctionnements hydriques à l'échelle de la station.

2 - Les piézographes

Deux piézographes sont installés, depuis mars 2005, au bas du versant en rive droite du ruisseau de Valescure amont, entre la station hydrométrique et le grand *tancat* de la Jasse.. Ils sont constitués d'une sonde de pression placée dans un tube en PVC et reliée à une centrale d'acquisition.

Les tubes porteurs de sonde ont été mis en place dans des trous creusés le plus profondément possible à la tarière. La texture très sableuse des matériaux sortis du fond des trous laisse à penser que les tubes sont enfoncés jusqu'à la base des formations superficielles. La profondeur de sondes est de 76 cm pour le Piézo 1 et de 63 cm pour le Piézo 2.

Les figures 9.4 à 9.8 reproduisent l'ensemble des données recueillies à ce jour. À aucun moment, les sols n'ont été totalement engorgés au niveau des deux piézographes.

Le Piézo 1 se révèle beaucoup plus réactif que le Piézo 2 (Fig. 9.4 et 9.5). La différence de profondeur des sondes (13 cm) ne semble pas directement en cause. Certes, le 6 septembre 2005, les hauteurs d'eau maximales (synchrones à 10h12) ont atteint 24,6 cm au Piézo 1 (Fig. 9.7) et 9,8 cm au Piézo 2, ce qui situe le niveau de l'eau à 51,4 cm sous la surface topographique dans le cas du Piézo 1 et à 53,2 cm dans celui du Piézo 2. Mais le niveau dans le Piézo 1 est monté jusqu'à 28,2 cm le 31 octobre à 21h41 sans qu'aucune réaction ne soit observée au Piézo 2. Cette absence de réaction du Piézo 1 pour des pluies pourtant à la fois abondantes et violente (60 mm/h sur 30 minutes, contre 35 mm/h le 6 septembre) est surprenante. Les prochains enregistrements apporteront peut-être une explication.

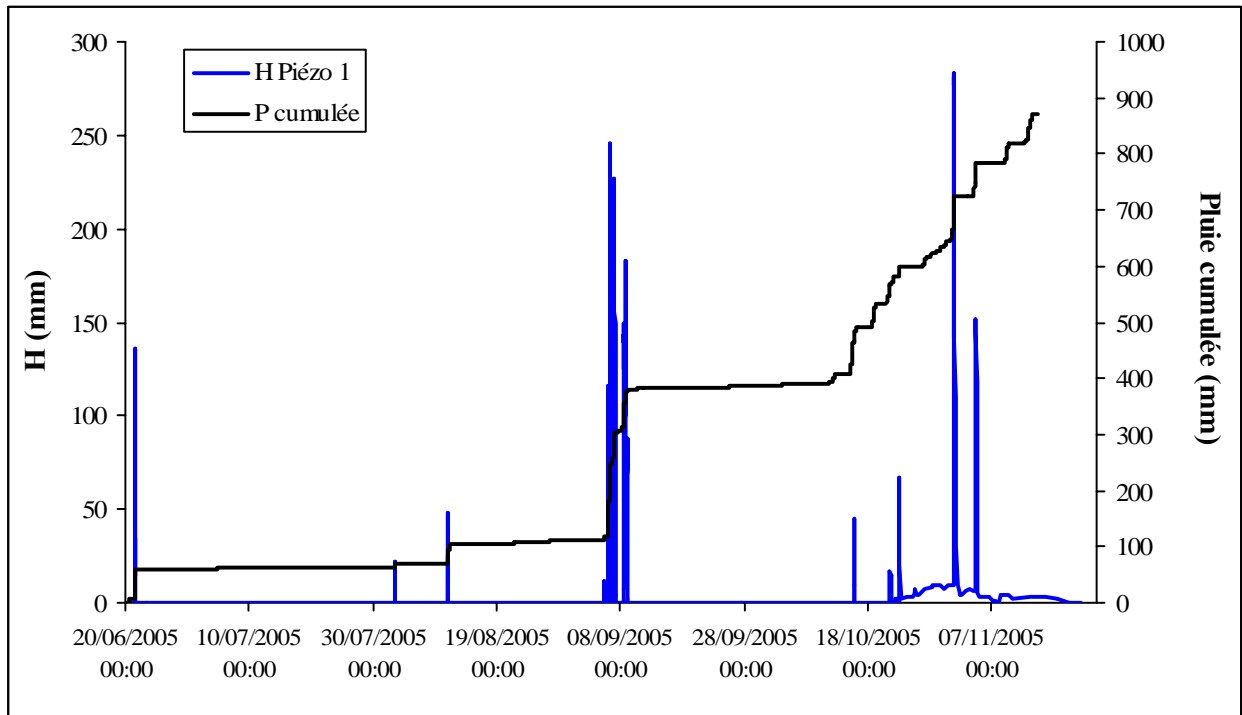


Figure 9.4 - Hauteurs d'eau dans le Piézo 1 et précipitations cumulées au Château de la Vallée Obscure. (heures en heures d'hiver).

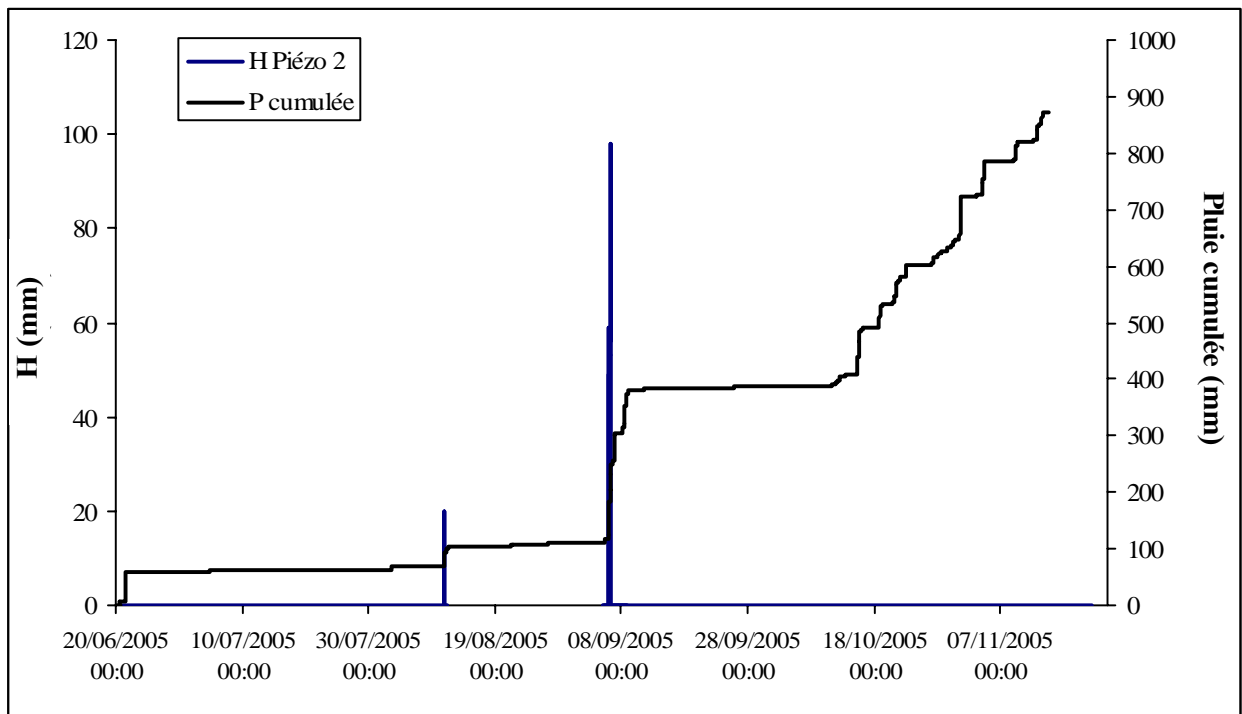


Figure 9.5 - Hauteurs d'eau dans le Piézo 2 et précipitations cumulées au Château de la Vallée Obscure. (heures en heures d'hiver).

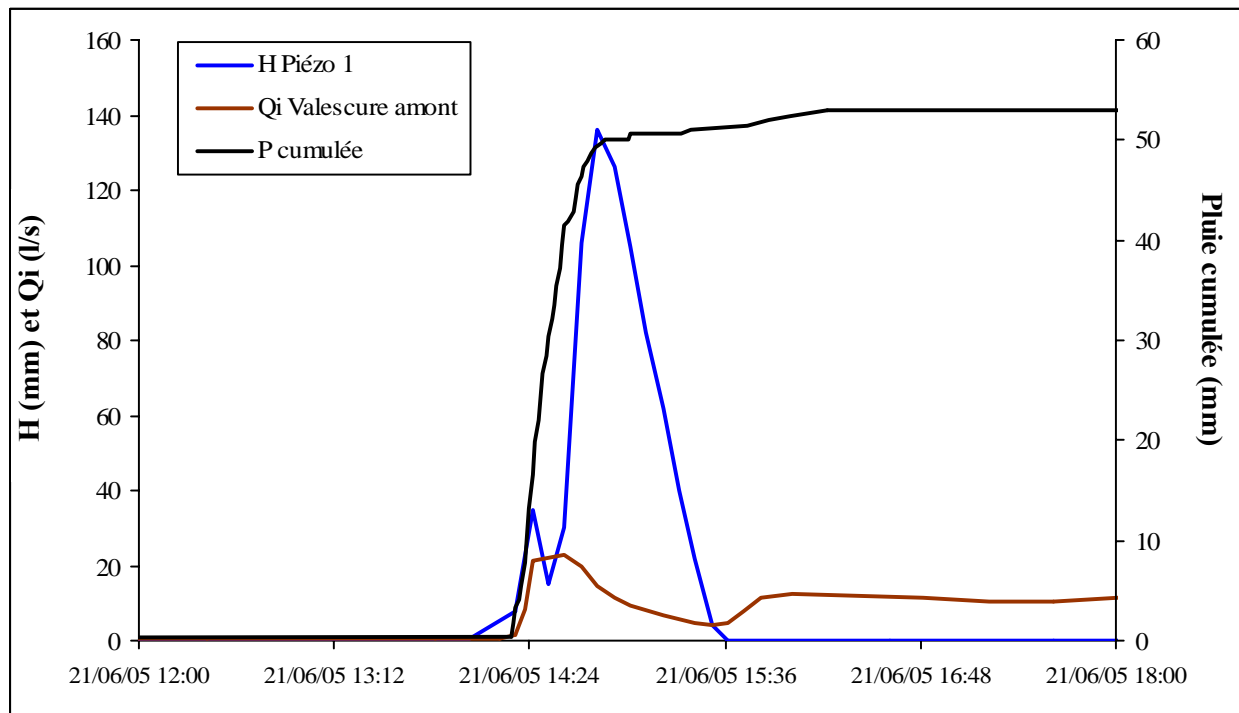


Figure 9.6 - Hauteurs d'eau dans le Piézo 1 lors de l'épisode du 21 juin 2005 – comparaisons avec le débit du Valescure amont et avec les précipitations au Château de la Vallée Obscure. (heures en heures d'hiver).

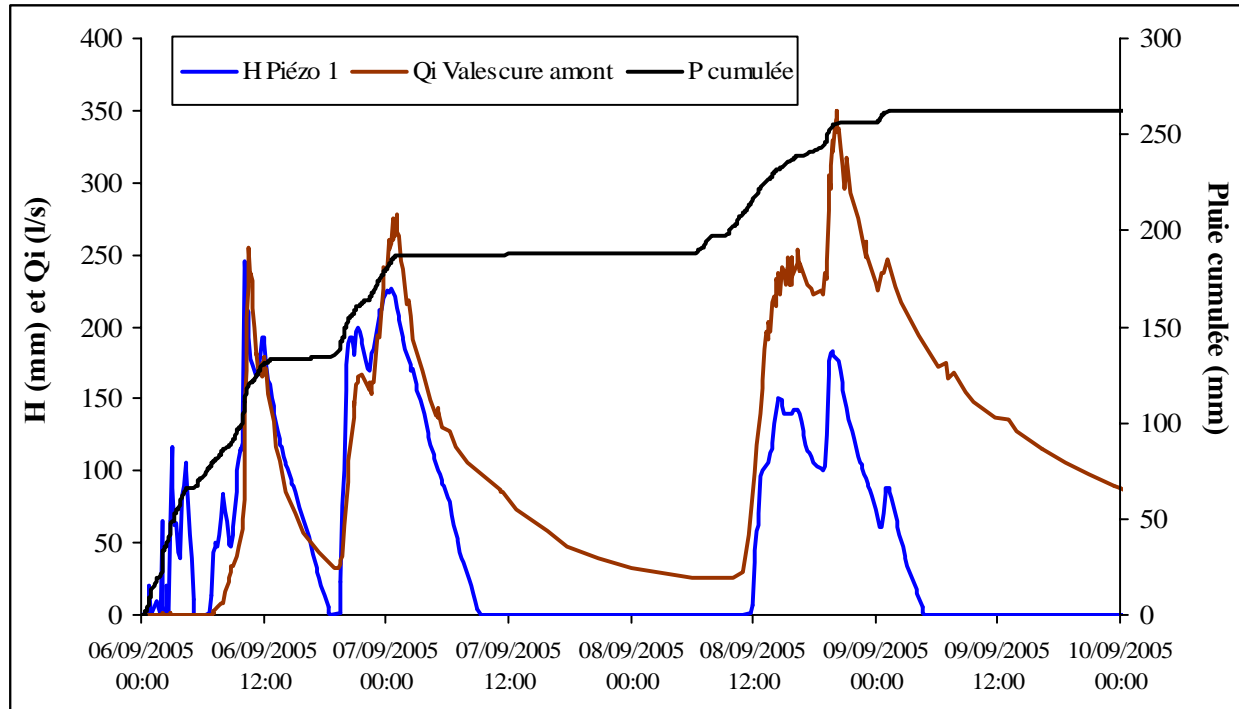


Figure 9.7 - Hauteurs d'eau dans le Piézo 1 lors des épisodes du 6 au 9 septembre 2005 – comparaisons avec le débit du Valescure amont et avec les précipitations au Château de la Vallée Obscure. (heures en heures d'hiver).

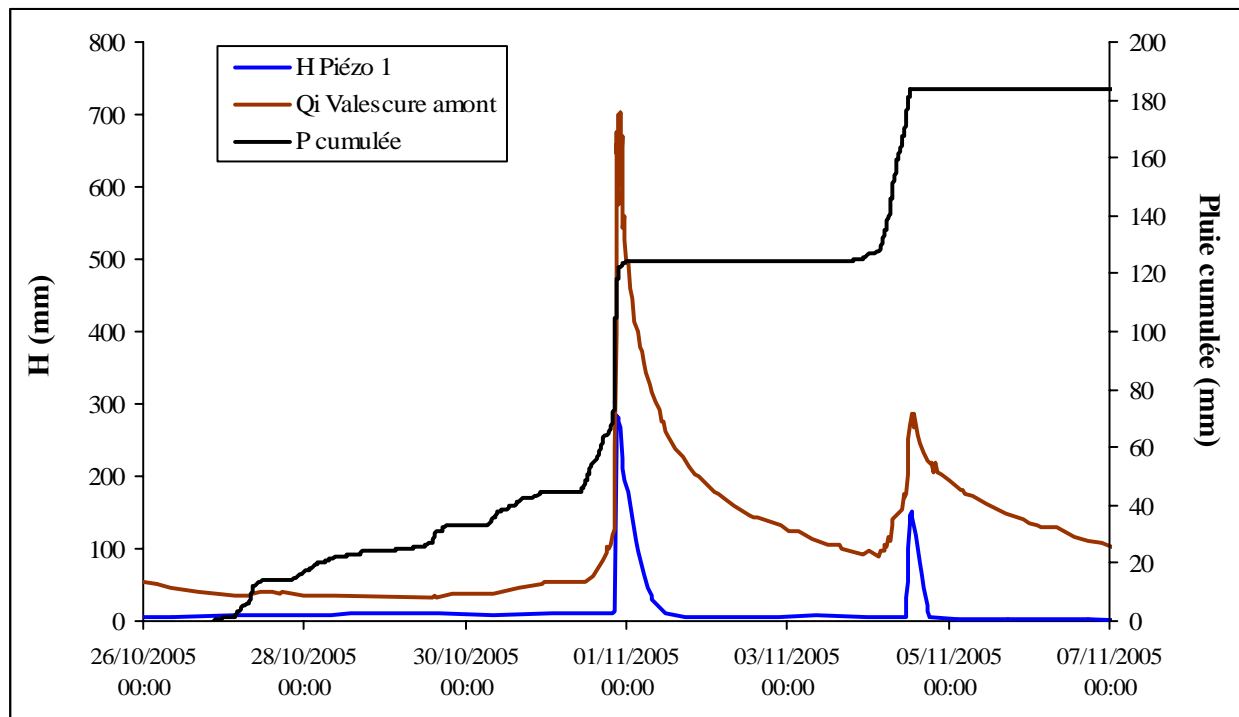


Figure 9.8 - Hauteurs d'eau dans le Piézo 1 lors des épisodes du 31 octobre et du 4 novembre 2005 – comparaisons avec le débit du Valescure amont et avec les précipitations au Château de la Vallée Obscure. (heures en heures d'hiver).

Quoi qu'il en soit, la topographie à la base des formations superficielles joue certainement un rôle important. Le Piézo 1 pourrait donc se trouver dans une zone où se concentre la circulation des eaux.

Le 21 juin 2005 (Fig. 9.6), la montée du niveau dans le Piézo 1 ne s'est pas accompagnée d'une véritable réponse du ruisseau de Valescure amont. Il n'y a donc pas de relation directe entre les informations fournies par les piézographes (à signification très locale) et les débits à l'exutoire d'un bassin versant de près d'un km². Il est vrai que cet épisode s'est déroulé dans des conditions initiales de sécheresse qui rendaient encore plus particulier le cas d'un piézographe isolé.

Ce constat s'est vérifié le 6 septembre (Fig. 9.7), les premières pluies de l'épisode provoquant un engorgement à la base du profil dans lequel se trouve le Piézo 1, alors que le ruisseau de Valescure amont n'a pratiquement pas réagi.

La concordance entre les variations du niveau de l'eau dans le Piézo 1 et celles du débit du Valescure amont a ensuite été beaucoup plus nette (Fig. 9.7 et 9.8). Les pics de débit suivent souvent de très près, parfois de quelques minutes seulement, les hauteurs d'eau maximales dans le piézographe. Celui-ci est alors nettement plus représentatif des fonctionnements sur l'ensemble du bassin versant. On note cependant que les hauteurs d'eau maximales dans le piézographe ne correspondent pas aux pics de crue les plus forts. Au cours de l'automne 2005, les crues ont été, relativement aux données du piézographe, de plus en plus violentes au fur et à mesure que les précipitations cumulées ont augmenté. L'état initial des stocks d'eau dans le bassin versant intervient évidemment. Le Piézo 1 apparaît représentatif des parties du bassin les plus réactives.

Le 31 octobre, la hauteur d'eau maximale dans le Piézo 1 (28,4 cm) a été enregistrée à 21h01, peu de temps après la fin des précipitations les plus intenses (20h52). Le Valescure amont n'a écoulé son débit de pointe de crue qu'à 22h19 (704 l/s, soit 757 l/s/km^2 – 668 l/s à 22h00), tandis que le débit maximal sur le Valescure aval était atteint dès 22h25 (5977 l/s, soit 1498 l/s/km^2). Enfin, les taux d'humidité maximaux dans les parties supérieures des profils de la station TDR, ont été observés à 21h45. Au cours de cet épisode, la partie amont du bassin versant ne s'est pas montrée très réactive, ni par le temps de réponse, ni par la violence des écoulements. À cet égard, nous soulignerons tout de même le caractère encore très provisoire de la courbe de tarage de la station du Valescure amont.

10 : LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION MÉCANIQUE

Sur des bassins versants de roches cristallines, entièrement couverts de végétation, et aux formations superficielles généralement peu épaisses, les phénomènes d'érosion mécanique devraient être, *a priori*, totalement assouplis. Même dans des secteurs où subsistent d'anciennes ravines non colonisées par la végétation basse (vallon des Abrits dans le secteur de Camplong), les arbres poussant sur les interfluves assurent une protection relativement efficace.

Pour autant, les observations de terrain montrent très souvent des traces de ruissellement sur les versants, avec des ébauches de rigoles associées vers l'aval à de petites accumulations de matériaux. Ces formes, qui paraissent en relation avec la densité du couvert végétal, témoignent d'une dynamique érosive active et certainement sporadique. Dans son ensemble, le système connaît une érosion par crises successives, les phénomènes de relais jouant à l'échelle métrique. Dans ce contexte, les pistes et les sentiers constituent des zones fréquemment affectées, qu'ils reçoivent directement les eaux de pluie ou qu'ils concentrent les eaux circulant dans les sols sur les versants.

L'étude de l'érosion mécanique est conduite selon deux approches complémentaires : d'une part, sur des parcelles de ruissellement et d'érosion et, d'autre part, à travers l'observation des transports solides à l'exutoire des bassins versants.

1 - La station de mesure de l'érosion

Cette station, créée pour le projet TERRISC, est opérationnelle depuis avril 2005. Couplée à la station TDR de suivi de l'humidité des sols, elle est implantée sur d'anciennes terrasses de culture à proximité du Château de la Vallée Obscure. Elle comporte trois parcelles de ruissellement et d'érosion, et une gouttière de collecte des eaux à la base du mur situé en amont des terrasses (Fig. 10.1).

La limite amont des parcelles est constituée par un mur de soutènement. Les parcelles sont limitées à une terrasse pour deux d'entre elles, alors que la troisième s'étend sur deux terrasses. Sur chaque terrasse, sans être nulle, la pente est extrêmement faible.

Sur les côtés et sur la face aval, les parcelles sont délimitées par une bordure constituée de plaques en plastique enfoncées dans le sol. Le long de la bordure aval, une gouttière cimentée amène les eaux à un tuyau qui les envoie dans un bidon de 200 litres disposé sur la terrasse en contrebas. La gouttière cimentée est abritée de la pluie par un couvercle reposant sur les bordures. Le bidon de stockage est protégé de toute entrée d'eau parasite.

Deux parcelles restent continuellement enherbées :

- L'une se trouve sur une seule terrasse.
- L'autre déborde sur la terrasse inférieure. Ce dispositif a été mis en place parce que le mur de soutènement de la terrasse supérieure est effondré, et que le talus joignant maintenant les deux terrasses présente des traces d'érosion.

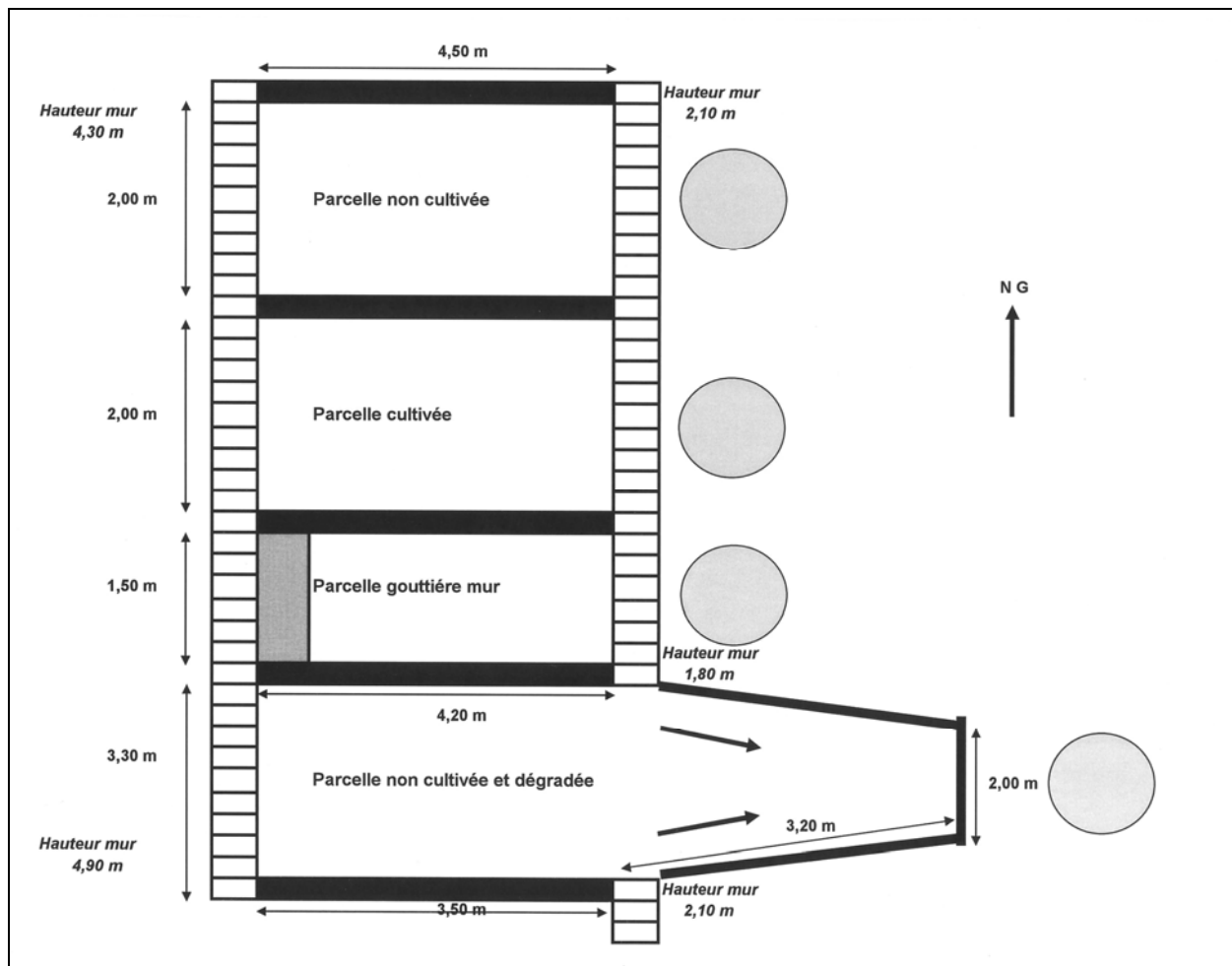


Figure 10.1 - Les parcelles de ruissellement et d'érosion du Château de la Vallée Obscure.

Une autre parcelle a été défrichée et est soumise périodiquement à un binage. Le sol a été travaillé le 1^{er} avril 2005, le 19 avril, le 12 mai, le 15 juin, le 13 juillet, le 23 août, le 11 septembre, le 24 octobre, le 2 novembre et le 28 novembre.

Une gouttière de 2 mètres de long, protégée de la pluie, est accolée à la base du mur amont pour recueillir l'eau pouvant s'en échapper. Un tuyau d'évacuation rejoint ensuite un bidon de stockage. Ce dispositif a récupéré de l'eau à plusieurs reprises après sa mise en place en juillet 2005 : 4,4 litres du 28 août au 6 septembre, 2,4 litres du 6 au 9 septembre, 16,3 litres le 23 octobre et 10,8 litres le 31 octobre. L'eau récupérée a toujours été fortement colorée par des produits organiques. La modestie des volumes recueillis indique que les écoulements ont toujours eu une provenance proche, sans mise en œuvre de circulations généralisées. Certaines pluies n'ont pas généré d'écoulement, par exemple celles du 11 au 22 octobre pourtant très abondantes (204 mm). L'écoulement n'est apparu que pour des pluies intenses. L'écoulement pourrait alors se former au sommet du mur, ruisseler le long de celui-ci, qui est couvert de lierre, et se colorer en traversant les mousses à la base du mur.

Seule la parcelle travaillée a connu quelques épisodes de ruissellement. Le talus de la parcelle au mur effondré a bien été affecté par des phénomènes d'érosion (petites griffures suivies de plages de dépôt vers l'aval), mais les eaux se sont toujours infiltrées avant d'atteindre la gouttière d'évacuation.

La parcelle travaillée a une longueur totale de 4,00 m, dont 0,45 m se trouvent sous le couvercle aval, et une largeur de 2,00 m. La superficie soumise à la pluie est donc de 7,10 m².

D'avril à octobre 2005, quatre épisodes seulement ont provoqué du ruissellement et de l'érosion (Tab. 10.1). Ils représentent un total pluviométrique de 262,5 mm, soit 30 % à peine de l'ensemble des précipitations tombées sur la période d'observation (904 mm). Ces épisodes sont caractérisés par des intensités de la pluie très élevées. Ils ont été d'autant plus efficaces que les intensités de la pluie ont été plus fortes.

Tableau 10.1 - Épisodes de ruissellement et d'érosion sur la parcelle travaillée de la station expérimentale du Château de la Vallée Obscure.

	21/06/2005	06/09/2005 (jusqu'à 11h38)	23/10/2005 (jusqu'à 16h00)	31/10/2005 (depuis 16h45)
P (mm)	52,9	127,9	18,3	63,4
R (litres)	115,0	53,2	7,0	54,5
R (mm)	16,2	7,5	0,99	7,7
C %	30,6	5,9	5,4	12,1
Er (g)	99,4	39,4	11,8	41,3
Er (kg/ha)	140,0	55,5	7,6	58,2
MM (%)	68,3	71,8	88,8	70,2
MO (%)	31,7	28,2	11,2	29,8
iP 60' (mm/h)	53	28	11	45
iP 30' (mm/h)	97	35	21	60
iP 15' (mm/h)	136	53	34	70
iP 5' (mm/h)	171	88	51	93
iP 3' (mm/h)	184	101	56	103
iP 1' (mm/h)	193	138	56	124

P : précipitations. R : ruissellement superficiel. C : coefficient de ruissellement. Er : érosion mécanique (déterminée à partir de la teneur en solides d'un échantillon d'eau prélevé dans le bidon de stockage après homogénéisation par agitation). MM : matière minérale (après calcination à 550 °C). MO : matière organique. iP : intensité de la pluie (en 60, 30, 15, 5, 3 et 1 minutes).

Ces épisodes n'ayant provoqué aucun ruissellement sur les parcelles enherbées. Or l'on sait que sur des sols moyennement filtrants, l'enherbement n'entrave pas le ruissellement superficiel (C. MARTIN, 1987). Sur la parcelle travaillée, l'impact des gouttes de pluie sur le sol nu provoque la formation d'une croûte de battance. La vitesse de pénétration de l'eau dans le sol s'en trouve sensiblement diminuée, si bien que le ruissellement superficiel se produit lors des averses les plus intenses. Le léger travail du sol qui est effectué, n'empêche pas l'apparition du phénomène. En terrain enherbé, la vitesse de pénétration de l'eau dans le sol est jusqu'à présent toujours restée suffisante pour empêcher le ruissellement.

Les observations sur les conditions d'apparition du ruissellement superficiel sur la parcelle travaillée sont certainement représentatives des fonctionnements sur les versants lorsque la végétation est trop clairsemée pour assurer une protection continue au sol.

Malgré la très forte intensité des pluies, les exportations de matières solides restent modestes, en raison de la faiblesse de la pente. Elles sont cependant loin d'être négligeables. La part de la matière organique dans les transports solides est d'autant plus élevée que les pluies ont été plus violentes. Des précipitations agressives provoquent, en effet, la destruction des agrégats cimentés par la matière organique, sous l'impact des gouttes de pluie.

Un limnigraphe a été récemment installé dans le bidon de stockage de la parcelle travaillée. Il permettra de mieux cerner les relations entre l'intensité de la pluie et le ruissellement.

2 - Les mesures sur les cours d'eau

En 2005, nous avons poursuivi – sur les ruisseaux de Valescure aval, des Abrits, de Cartaou et de Rouquet – l'exploitation des systèmes collecteurs constitués de flacons superposés (Photo. 10.1) et les prélèvements manuels au cours des crues. Le dispositif est complété par deux pièges à sédiments, placés sur les ruisseaux des Abrits et de Cartaou (le premier est en place depuis 2003 ; le second, en partie arraché par une crue au cours de l'automne 2003, a été repositionné en juin 2005).

Par ailleurs, nous avons analysé les échantillons prélevés en 2004 qui avaient été mis en attente à cause de la panne du four servant aux calcinations.

Les concentrations des matières en suspension (MES) ont été déterminées après décantation dans la bouteille, vidage du surnageant, séchage (à l'air, puis au dessiccateur) et pesées du fond de bouteille, d'abord avec les sédiments, puis vidé.

Trois préleveurs automatiques d'échantillons ont été installés à l'automne 2005. Déjà anciens, ces appareils nous ont posé beaucoup de problèmes. Celui mis à la station du Cartaou, n'a pas fonctionné à cause d'un défaut d'alimentation. Celui placé sur le ruisseau des Abrits a eu sa prise d'eau arrachée lors de la crue du 31 octobre. Il devra en outre être démonté à la demande du propriétaire du terrain sur lequel il est installé. Le seul à avoir correctement fonctionné se trouve sur le ruisseau de Rouquet. Malheureusement, pour des raisons de délai de mise en route, il n'a récupéré que des eaux très peu chargées.

Les collecteurs constitués de flacons superposés sont loin de constituer l'idéal pour l'étude des transports solides :

- Tous les prélèvements sont effectués en montée de crue.
- Les dispositifs doivent être placés dans des secteurs où l'écoulement n'est pas trop turbulent et où les eaux ne sont donc pas parfaitement homogénéisées. De ce fait, la représentativité des prélèvements diminue avec la hauteur d'eau. Notons toutefois que les collecteurs des Abrits, du Cartaou et du Rouquet sont situés à peu de distance en aval d'une chute d'eau (cascade naturelle ou *tancat*).

Les tableaux 10.2 à 10.7 complètent les résultats déjà présentés pour les crues du 1^{er} octobre et du 19 octobre 2003 (C. MARTIN *et al.*, 2004).

Il est difficile de comparer les teneurs en MES mesurées sur les différents sites, les débits correspondant aux hauteurs de prélèvement n'étant pas toujours connus. On note cependant que les teneurs extrêmement élevées des eaux des ruisseaux de Valescure et de Rouquet lors de la

crue du 24 novembre 2003. Les valeurs sont moins fortes pour le ruisseau de Cartaou, et nettement plus faibles pour celui des Abrits.



Photo. 10.1 - Collecteur pour le prélèvement d'échantillons d'eau en montée de crue sur le ruisseau de Valescure aval.

Tableau 10.2 - Concentrations des MES dans les ruisseaux pour les crues des 9 et 16 novembre 2003.

Ruisseau	Échantillon	Hauteur (cm)	Qi (l/s)	MES (g/l)	MM (g/l)	MO (g/l)
Valescure	V1	18	294	0,077	0,039	0,038
Valescure	V2	37	925	7,96	6,36	1,60
Valescure	V3	57	1853	2,93	2,21	0,71
Valescure	V4	82	3327	3,15	2,32	0,83
Valescure	V5	103	4802	0,31	0,20	0,11
Val. 16/11 16h00	Plt manuel		4565	Très peu		
Val. 16/11 16h15	Plt manuel		4780	Très peu		
Abrits	A1	13		1,06	0,75	0,31
Abrits	A2	37		0,066	0,032	0,034
Cartaou	C1			0,12	0,070	0,050
Cartaou	C2			1,63	1,24	0,39
Cart. 16/11 14h51	Plt manuel		895	1,63	1,24	0,39
Cart. 16/11 15h40	Plt manuel		1044	1,63	1,24	0,39
Rouquet	R1			5,76	4,64	1,12
Rouquet	R2	31		2,23	1,62	0,61
Rouquet	R3	52		0,056	0,038	0,018

Hauteur : hauteur des trous du bidon collecteur (en cm) par rapport au point d'appui. Qi : débit instantané du cours d'eau (en l/s). Plt manuel : prélèvement manuel. MES : matières en suspension totales (en g/l). MM : matières minérales (après passage au four à 550 °C). MO : matière organique.

Tableau 10.3 - Concentrations des MES dans les ruisseaux pour les crues du 22 novembre au 3 décembre 2003.

Ruisseau	Échantillon	Hauteur (cm)	Qi (l/s)	MES (g/l)	MM (g/l)	MO (g/l)
Valescure	V1		294	29,59	23,01	6,58
Valescure	V2		925	13,34	11,11	2,23
Valescure	V3		1853	35,41	31,19	4,22
Valescure	V4		3327	24,37	21,02	3,35
Valescure	V5		4802	3,80	3,04	0,76
Val. 24/11 14h55	Plt manuel		2117	Très peu		
Val. 04/12 15h40	Plt manuel		1602	Très peu		
Abrits	A1	13		3,26	2,29	0,97
Abrits	A2	35		8,02	2,21	5,81
Ab. 04/12 16h42	Plt manuel		283	Très peu		
Cartaou	C1	15		19,69	18,05	1,64
Cartaou	C2	35		5,76	4,68	1,08
Cartaou	C2	60		1,88	1,51	0,37
Cart. 24/11 14h00	Plt manuel		613	Très peu		
Cart. 04/12 14h35	Plt manuel		312	Très peu		
Rouquet	R1	17		30,67	26,05	4,62
Rouquet	R2	37		22,57	17,42	5,15
Rouquet	R3	60		6,22	4,60	1,23
Rouquet	R4	80		3,04	2,09	0,95
Rou. 04/12 13h05	Plt manuel		367	Très peu		

Hauteur : hauteur des trous du bidon collecteur (en cm) par rapport au point d'appui. Qi : débit instantané du cours d'eau (en l/s). Plt manuel : prélèvement manuel. MES : matières en suspension totales (en g/l). MM : matières minérales (après passage au four à 550 °C). MO : matière organique.

Tableau 10.4 - Concentrations des MES dans les ruisseaux pour les crues du 12 mars et du 30 mars au 2 avril 2004.

Ruisseau	Échantillon	Hauteur (cm)	Qi (l/s)	MES (g/l)	MM (g/l)	MO (g/l)
Valescure	12/03 V1		294	2,83	2,00	0,83
Valescure	12/03 V2		925	0,35	0,20	0,15
Valescure	31/03-02/04 V1		294	10,51	8,31	2,20
Valescure	31/03-02/04 V2		925	3,19	2,56	0,63
Valescure	31/03-02/04 V3		2067	1,39	0,98	0,41
Valescure	31/03-02/04 V4		3327	0,057	0,037	0,019
Abrits	12/03 A1			0,55	0,36	0,42
Abrits	31/03-02/04 A1			3,57	2,78	0,79
Cartaou	12/03 C1			1,05	0,63	0,42
Cartaou	31/03-02/04 C2			1,52	0,98	0,53
Cartaou	31/03-02/04 C2			0,070	0,054	0,016
Rouquet	R1			43,83	35,96	7,86
Rouquet	R2			11,11	9,08	2,03
Rouquet	R3			0,12	0,089	0,033

Légende : voir tableau 10.3. Les heures sont exprimées en heures d'hiver.

Tableau 10.5 - Concentrations des MES dans les ruisseaux pour les crues des 29 et 30 avril 2004.

Ruisseau	Échantillon	Hauteur (cm)	Qi (l/s)	MES (g/l)	MM (g/l)	MO (g/l)
Valescure	V2	37	925	2,58	1,91	0,67
Valescure	V3	61	2067	2,62	1,88	0,74
Valescure	V4	82	3327	0,78	0,52	0,26
Abrits	A1	15,5		2,57	1,87	0,70
Abrits	A1	33,5		0,17	0,050	0,12
Cartaou	C1			2,07	1,57	0,50
Cartaou	C2			0,31	0,22	0,091
Rouquet	R1			24,11	20,69	3,42
Rouquet	R2			2,35	1,96	0,39

Hauteur : hauteur des trous du bidon collecteur (en cm) par rapport au point d'appui. Qi : débit instantané du cours d'eau (en l/s). Plt manuel : prélèvement manuel. MES : matières en suspension totales (en g/l). MM : matières minérales (après passage au four à 550 °C). MO : matière organique. Les heures sont exprimées en heures d'hiver.

Tableau 10.6 - Concentrations des MES dans les ruisseaux pour la crue du 28 octobre 2004.

Ruisseau	Échantillon	Hauteur (cm)	Qi (l/s)	MES (g/l)	MM (g/l)	MO (g/l)
Valescure	V1		294	5,66	4,23	1,44
Valescure	V2		925	0,93	0,56	0,36
Valescure	V3		2013	1,24	0,68	0,56
Abrits	A1			1,63		
Abrits 11h10	Plt manuel		592	0,005		
Abrits 11h53	Plt manuel		696	0,006		
Cartaou	C1			0,82	0,52	0,30
Cartaou	C2			0,17	0,01	0,007
Cartaou 14h45	Plt manuel		273	0,002		
Rouquet	R1			3,28	2,47	0,80
Rouquet	R2			0,001		
Rouquet	R3			0,010		

Légende : voir tableau 10.5. Les heures sont exprimées en heures d'hiver.

Tableau 10.7 - Concentrations des MES dans les ruisseaux pour les crues du 21 juin 2005.

Ruisseau	Échantillon	Hauteur (cm)	Qi (l/s)	MES (g/l)	MM (g/l)	MO (g/l)
Valescure	V1		294	2,26	0,89	1,37
Valescure	V2		925	0,84	0,29	0,55
Cartaou	C1			2,03	1,08	1,07
Cartaou 15h30	Plt manuel		323	0,48	0,28	0,20
Rouquet	R1			0,79	0,55	0,24

Légende : voir tableau 10.5. L'heure est exprimée en heure d'hiver.

Les teneurs mesurées dans les eaux collectées du 22 au 24 novembre 2003 sur les ruisseaux de Valescure, de Rouquet et de Cartaou sont surprenantes (Tab. 10.3), compte tenu de la protection quasi générale dont bénéficient les versants. Sur le ruisseau de Valescure, elles sont restées très fortes même pour des débits élevés. Les pluies du 21 au 24 novembre n'ont pourtant pas manifesté une grande intensité. Mais elles ont été abondantes (précipitations sur le bassin versant : 177 mm) et ont été précédées de pluies soutenues (631 mm depuis le 1^{er} septembre, dont 252 mm du 7 au 17 novembre). Cela peut-il constituer une explication ? Il est difficile de répondre, les crues du 1^{er} et du 3 décembre 2003 n'ayant malheureusement pas été échantillonnées (précipitations de 326 mm du 29 novembre au 3 décembre).

Les teneurs mesurées dans les eaux prélevées sur le Cartaou le 21 juin 2005 apparaissent relativement modestes au regard de l'intensité des pluies au cours de l'épisode (voir tableau 10.1). Dans ce cas, il est probable que la réponse impulsionnelle du cours d'eau a pris naissance sur des zones localisées peu propices à une érosion efficace. Le 24 novembre 2003, au contraire, des parties importantes des bassins versants, dont des secteurs très sensibles, ont été touchés par des phénomènes d'érosion. Cela est certainement lié à l'abondance des pluies, et donc au degré de saturation en eau des formations superficielles et des sols.

Une connaissance suffisante des débits correspondant au remplissage des flacons du collecteur du Valescure aval, a permis d'estimer grossièrement les exportations de matière minérale en suspension sur la période septembre 2003 - août 2005 (Tab. 10.8). Les calculs ont été menés à pas de temps variable, en exploitant les relations entre les teneurs et les débits.

Tableau 10.8 - Exportations de matière minérale en suspension par le ruisseau de Valescure aval sur la période septembre 2003 - août 2005.

Épisode	Érosion (t)	Érosion spécifique (t/km ²)
1 ^{er} octobre 2003	79,7	20,0
19 octobre 2003	0,22	0,06
9 au 16 novembre 2003	195	48,8
21 novembre au 3 décembre 2003	2558	641
12 mars au 3 avril 2004	211	53,0
29 et 30 avril 2004	115	28,7
17 août 2004	0,06	0,02
28 octobre 2004	65,7	16,5
21 juin 2005	0,005	0,001

Les exportations en suspension du bassin du Valescure ont atteint 790 t/km² en 2003-04 (P : 2068 mm) et 16,5 t/km² en 2004-05 (P : 800 mm). Sur la période d'observation, l'épisode du 21 novembre au 3 décembre 2003 représente 79,4 % des exportations et la période du 21 au 24 novembre 2003, 59,4 %.

La matière minérale représente de 35 % des suspensions (pour un échantillon récolté le 21 juin 2005) à 88 % (pour un échantillon récolté le 24 novembre 2005). La médiane s'élève à 73 %.

Les suspensions ne représentent bien sûr qu'une partie des flux de produits solides, même si elle est vraisemblablement la plus importante. Les dépôts localisés dans des secteurs favorables aux atterrissements (à la confluence de la Bastide et de Valescure, sur le Valescure en amont des confluences avec les ruisseaux de Cartaou et des Abrits), comme les matériaux bloqués à chaque crue importante derrière les buses du gué du Valescure aval (sur le chemin d'accès au vallon des Abrits), ou les éléments déposés en traîne en arrière des pièges à sédiments, attestent d'un charriage actif. Les matériaux charriés sont surtout de la taille des sables et des graviers. Les pièges à sédiments sur les ruisseaux des Abrits et du Cartaou n'ont arrêté aucun caillou (élément > 2 cm).

11 : CONCLUSION

Les recherches menées en 2005 ont permis de préciser le comportement des bassins versants, tant pour l'hydrologie que pour les fonctionnements hydrosédimentaires.

Dans la perspective initialement fixée à notre travail, un point important est la confirmation de l'influence des *tancats* sur les écoulements en étiage. Leur rôle est modeste, mais il n'en est pas moins réel. Au cours de l'étiage 2005, particulièrement sévère, ce résultat a été acquis, d'une part, grâce aux campagnes de jaugeages dans le secteur du Valescure aval et, d'autre part, grâce à la mise en place d'une nouvelle station hydrométrique, sur la partie amont du ruisseau de Valescure, à l'aval d'un unique mais très grand *tancat*.

Toujours dans le domaine de l'hydrologie, les éléments d'explication de la genèse des crues commencent à apparaître, les observations sur l'eau dans le sol (station TDR, piézographes) apportant des informations précieuses.

Sauf pour l'ensemble du bassin versant du Valescure (station du Valescure aval) et sans doute aussi pour le bassin de la Bastide, les bilans hydrologiques posent encore problème, du fait des incertitudes subsistant sur les courbes de tarage. En raison de détarages, une partie des données acquises en 2003 et 2004 sur les ruisseaux des Abrits et de Cartaou ne pourront pas être améliorées. Mais les stations aménagées sur ces ruisseaux par l'équipe du chantier de réhabilitation des *tancat*, permettent d'obtenir maintenant des résultats beaucoup plus satisfaisantes.

Dans le domaine de l'érosion mécanique, les observations de terrain et les mesures des teneurs en suspensions à l'exutoire des bassins versants du Valescure, des Abrits, du Cartaou et du Rouquet, ont montré que les phénomènes étaient actifs. Certes, lors de la plupart des épisodes, l'érosion reste faible. Mais lorsque les bassins versants sont près d'être saturés en eau, les exportations de produits solides deviennent très fortes.

Au cours de la prochaine année, les investigations s'organiseront de la manière suivante :

- Poursuite des mesures hydrologiques sur tous les bassins versants actuellement équipés.
- Réalisation d'un traçage sur le *tancat* de la Jasse, en espérant des conditions plus favorables qu'en 2005. En revanche, il ne nous paraît pas indispensable de réaliser des jaugeages en étiage aussi systématiques qu'en 2005. Une ou deux séries devraient suffire.
- Maintien et développement des observations sur les parcelles de ruissellement et d'érosion, à la station TDR et aux piézographes. Un troisième piézographe sera mis en place.
- Les échantillons d'eau prélevés à partir de l'automne 2005 seront traités. Les hauteurs d'eau observées aux collecteurs seront corrélées aux cotes enregistrées aux stations, afin de connaître les débits correspondant aux prélèvements. Il sera ainsi possible de réaliser, pour tous les points de prélèvement, une quantification semblable à celle effectuée pour le Valescure. Pour des raisons de disponibilité, nous réduirons les prélèvements à ce seul point d'observation. L'objectif est d'échantillonner à nouveau un épisode aussi favorable à l'érosion que celui du 21 novembre au 3 décembre 2003.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- AYRAL P.A. (2005) - *Contribution à la spatialisation du modèle opérationnel de prévision des crues éclair ALHTAÏR – Approches spatiale et expérimentale – Application au bassin versant du Gardon d'Anduze*. Thèse de Doctorat, Université de Provence, Aix-Marseille I, 310 p.
- AYRAL P.A., SAUVAGNARGUES-LESAGE S. et BRESSAND F. (2005) - Contribution à la spatialisation du modèle de prévision des crues éclair ALHTAÏR. *Études de Géographie Physique*, vol. XXXII, p. 75-97.
- DECONCHY A. (2002) – *Patrimoine hydraulique cévenol et ressource en eau en Vallée Borgne*. Rapport de stage de fin d'études de diplôme d'Agronomie approfondie, ENSA, Rennes, 55 p. + annexes.
- DESPRATS J.F., PINEL D., AYRAL P.A., SAUVAGNARGUES-LESAGE S., BRESSAND F., KING C. et DORFLIGER N. (2003) – Cartographie du potentiel d'infiltration des sols du Bassin Versant du Gardon d'Anduze comme élément d'amélioration du modèle de prévision de crue du Gard. *JPRN-SIRNAT*, Orléans, 7 p.
- MARTIN C. (1987) - Dégradation d'un sol défriché sur gneiss à la station de Lambert (massif des Maures, Var, France). *Revue de Géomorphologie Dynamique*, vol. XXXVIII, n° 1, p. 17-29.
- MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2004) – *Caractérisation des fonctionnements hydrologiques et hydrosédimentaires de la Vallée Obscure*. Rapport final au SMAGE des Gardons, 48 p.